

01
-96
United States
Department of
Agriculture

Forest Service



International Institute
of Tropical Forestry

RMD

ANNUAL LETTER

1995-96

U.S. Forest Service
Pacific Southwest Library and Information Center
1323 Club Drive
Vallejo, CA 94592-1110



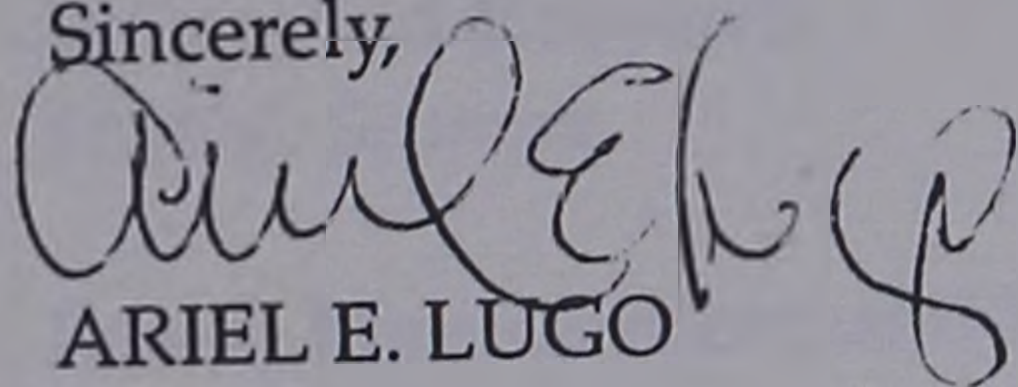
SD
11
.A201
1995-96

International Institute of Tropical Forestry
PO Box 25000
Río Piedras, Puerto Rico 00928-5000

Dear Friends:

This is to transmit the Institute's Annual Letter for fiscal year 1995 to 1996. We continue to experiment with the format of the Annual Letter. This Letter contains reports of research activity of Institute cooperators as well as the traditional reports from Institute scientists. We also include a listing of recent and available Institute publications which our readers can request, either by mail or through our web page: www.fs.fed.us/global/iitf/welcome.html. Our web page is also a source of information about the Institute and its programs. We hope this Annual Letter is informative and useful to you, and we ask that you keep us informed of your own forestry activities in the tropics and elsewhere.

Sincerely,



ARIEL E. LUGO

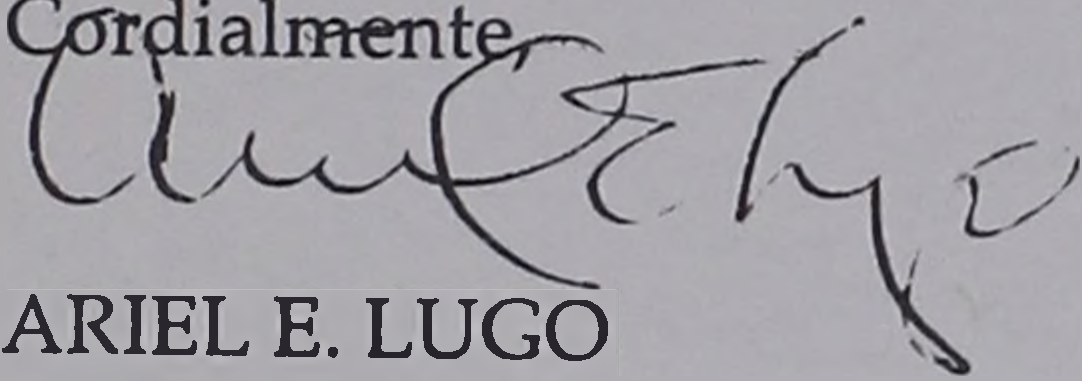
Director

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
PO Box 25000
Río Piedras, Puerto Rico 00928-5000

Estimados Amigos:

Con la presente les transmitimos la Carta Anual del Instituto para el año fiscal 1995 a 1996. Seguimos ensayando con el formato de la Carta Anual. Esta Carta contiene informes de actividades de investigación realizadas por cooperadores del Instituto así como los informes tradicionales de los científicos del Instituto. También incluimos un listado de publicaciones recientes y disponibles para esos lectores que desean solicitarlos, bien sea por correo o a través de nuestra página electrónica: www.fs.fed.us/global/iitf/welcome.html. Nuestro web sirve también como fuente de información sobre el Instituto y sus programas. Esperamos que esta Carta Anual les sea informativa y útil, y les pedimos que nos mantengan informados de sus actividades forestales en el trópico y otros lugares del mundo.

Cordialmente,



ARIEL E. LUGO
Director

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1995-96
Contents

	Page
Introduction	1
Ecological Research <i>Ariel E. Lugo</i>	4
Historical Perspective <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	11
Tropical Forestry Technology Transfer <i>Frank H. Wadsworth</i>	13
Watershed Research <i>Fred N. Scatena</i>	15
Forest Management and Rehabilitation Research Plantations as Catalysts for Natural Forest Succession <i>John A. Parrotta</i>	18
Silviculture Research <i>John K. Francis</i>	19
Wildlife Research <i>Joseph M. Wunderle, Jr.</i>	21
Insect Studies <i>Juan A. Torres</i>	24
Development and Validation of a Model of Isoprene Emission for Tropical Forests <i>Michael Keller and Manuel Lerdau</i>	25
Research Activities <i>Peter L. Weaver</i>	27
Long-Term Avian Research <i>Wayne J. Arendt</i>	28
Soil Oxygen Content and Biogeochemical Cycling Along Elevation and Topographic Gradients in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico <i>W.L. Silver, A.E. Lugo, and M. Keller</i>	33
At What Temporal Scales Does Disturbance Affect Belowground Nutrient Pools? <i>W.L. Silver, F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, and F. Watt</i>	36

Fungi of the Greater Antilles <i>D. Jean Lodge</i>	37
A Bromeliad Transplant Experiment: Effects of Substrate and Micro-climate Variation on the Survivorship and Growth of the Bromeliad (<i>Guzmania berteroniana</i>) in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico <i>Jennifer Pett-Ridge, Whendee Silver, and Thomas Siccama</i>	39
The Relationship of Tree Species Composition and Biodiversity to Biogeochemical Cycles in Restored Tropical Moist Forest <i>Lara M. Kueppers, W.L. Silver, A.E. Lugo, and H.A. Mooney</i>	40
Appendix (Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry)	41
Versión en Español	62

CARTA ANUAL DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL

1995-96
Contenido

	Página
Introducción	63
Investigaciones ecológicas <i>Ariel E. Lugo</i>	66
Perspectiva histórica <i>Carlos M. Domínguez Cristóbal</i>	72
Transferencia de tecnología de Dasonomía Tropical <i>Frank H. Wadsworth</i>	75
Investigación sobre cuencas hidrográficas <i>Fred N. Scatena</i>	77
Plantaciones de manejo forestal e investigación de rehabilitación como catalizadores para la sucesión natural forestal <i>John A. Parrotta</i>	79
Investigaciones forestales <i>John K. Francis</i>	80
Investigación de vida silvestre <i>Joseph M. Wunderle, Jr.</i>	82
Estudios con insectos <i>Juan A. Torres</i>	85
El desarrollo y la validación de un modelo de emisión de isopreno para bosques tropicales <i>Michael Keller y Manuel Lerdau</i>	86
Actividades de investigación <i>Peter L. Weaver</i>	88
Investigaciones de aves a largo plazo <i>Wayne J. Arendt</i>	89
Contenido de oxígeno en el suelo y el ciclo biogeoquímico a lo largo de gradientes topográficos y de elevación en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico <i>W.L. Silver, A.E. Lugo, y M. Keller</i>	91

¿A que escalas temporales son afectados los acervos de nutrientes subterráneas por los disturbios? <i>W.L. Silver, F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, y F. Watt</i>	94
Hongos de las Antillas Mayores <i>D. Jean Lodge</i>	95
Un experimento de trasplante de bromelias: efectos de la variación de los sustratos y el micro-clima sobre la supervivencia y el crecimiento de la bromelia <i>n Guzmania beteroniana</i> en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico <i>Jennifer Pett-Ridge, Whendee Silver, y Thomas Siccama</i>	97
La relación entre la composición de especies arbóreas y la biodiversidad con los ciclos biogeoquímicos en el bosque tropical húmedo restaurado <i>Lara M. Kueppers, W.L. Silver, A.E. Lugo, y H.A. Mooney</i>	98
Apéndice (Publicaciones recientes del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical)	41

INTRODUCTION

Brief Notes on the History of the International Institute of Tropical Forestry

Founded: 1939

Parent organization: United States Department
of Agriculture Forest Service

Mailing address: USDA Forest Service, Interna-
tional Institute of Tropical Forestry, PO Box
25000, San Juan, PR 00928-5000

Physical address: USDA Forest Service, Inter-
national Institute of Tropical Forestry, UPR
Experimental Station Grounds, Botanical
Garden, Río Piedras, PR 00927

Phone: (787) 766-5335; Fax: (787) 766-6302

Initially designated an Experiment Station by
Act of Congress (McSweeney-McNary Forest
Research Act of 1928). Designated as the Tropi-
cal Forest Experiment Station in 1939, and
Institute of Tropical Forestry in 1961. Reported
to Washington, DC until 1978 when it was trans-
ferred to the Southern Forest Experiment
Station. Known first as Research Work Unit
SO-1152 (1978-1985), then as SO-4151 (1985-
1993). Designated International Institute of
Tropical Forestry in 1993 by the 1990 Farm Bill.
Now reports to the Washington Office.

Directors past and present are as follows:

Arthur Bevan (1939-1943)
Arthur T. Upson (1943-1951)
Henry B. Bosworth (1951-1953)
I.P. Murray (Administrator 1953-1955)
Frank H. Wadsworth (Research Center Leader
1949-1956, Director 1956-1978)
Ariel E. Lugo (Project Leader 1978-1992,
Director 1988-present).

Scientists past and present are as follows (current staff underlined):

W.I. Arendt, C.B. Briscoe, R.S. Boone, M.
Chudnoff, T.R. Crow, G.H. Englerth, J.K.
Francis, T.F. Geary, L. Holdridge, J. Kalina, M.
Keller, A. Krochmal, I. Parrotta, F.N. Scatena, T.
Schubert, C.R. Venator, F. Wadsworth, P.L.
Weaver, I. Wunderle, and J.L. Whitmore.

Visiting scientists who have stayed for more than a year:

S. Brown, J.L. Frangi, H. Erickson, A. Gillespie,
E. Medina, E. Cuevas, J. McCormick, H.T.
Odum, W. Silver, and J. Torres.

Awards received by the Institute through the years:

Superior Service Award, U.S. Department of
Agriculture (1964, 1985, 1989)

Luquillo Experimental Forest designated a
Biosphere Reserve under the UNESCO Man
and the Biosphere Program (1976)

Meritorious Service Award, U.S. Department of
Agriculture, Forest Service (1979)

Special Award of Merit, U.S. Environmental
Protection Agency (1980)

Technical Public Service Award, Southern For-
est Experiment Station, United States Depart-
ment of Agriculture, Forest Service (1988)

Unit Civil Rights Award, Southern Forest
Experiment Station, U.S. Department of
Agriculture, Forest Service (1988)

Distinguished Service Award, U.S. Department
of Agriculture (1988)

Global 500 Award, United Nations Environ-
mental Programme (1989)

Chief's Stewardship Award, U.S. Department
of Agriculture, Forest Service (1989)

Scientists of the Year Award, Southern Forest Experiment Station, U.S. Department of Agriculture, Forest Service (1989);

Research Accomplishments include:

Provided the technical basis for national land use planning of the Island of Puerto Rico (urban, cultivation, pasture, other permanent cover crops, timber forest, and protective forests), using criteria applicable regionally.

Determined, after years of experimentation, the best tree species for reforesting degraded lands in Puerto Rico, the Virgin Islands, and neighboring countries.

Perfected seed, nursery, and planting practices for the most promising tree species for reforestation and for timber production in the Caribbean region.

Published illustrated descriptions of the entire tree flora of Puerto Rico and the Virgin Islands—some 750 species, most also of regional significance.

Characterized the physical and machining properties of more than 100 of the most useful woods of Puerto Rico and the Caribbean.

Determined untreated service life for fence posts of 40 tree species typical of the region and devised practical cold-soaking and hot-and-cold-bath preservative treatments to extend service life of fence posts up to tenfold.

Recorded data on the growth rates of more than 100 tree species native to the six life zones represented in Puerto Rico and common throughout the Caribbean, from wet to dry, relative to tree size, canopy position, and other conditions, as a basis for silvicultural stand improvement for increased yields.

Inaugurated and sustained for 20 years the research that rescued the Puerto Rican parrot from almost certain extinction—a bird that is representative of other endangered parrots in the tropics.

Adapted a solar dryer for the rapid seasoning of lumber under tropical conditions; since copied in other countries.

Developed an incisor that made possible the penetration of wood preservatives into relatively impervious woods otherwise suitable for fence posts.

Participated in all but one of the sessions of the FAO Latin American Forestry Commission and chaired the Regional Committee on Forestry Research since its inception.

Edited a regional, bilingual, technical forestry journal, *The Caribbean Forester*, for 24 years and the bilingual worldwide newsletter of the International Society of Tropical Foresters for 10 years.

Published more than 500 technical papers on tropical forestry of regional significance.

Provided professional consultants on request to focus on tropical forestry problems in Mexico, Costa Rica, British Virgin Islands, St. Kitts, Antigua, Montserrat, Dominica, Dominican Republic, Haiti, Jamaica, St. Lucia, St. Vincent, Grenada, Trinidad and Tobago, Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru, Brazil, Paraguay, Argentina, the U.S. Virgin Islands, and Malaysia.

Published an analytical comparison of the growth performance of forest plantations in different life zones throughout the tropics.

Defined, mapped, and published descriptions of the Holdridge life zones throughout Puerto Rico and Brazil.

Developed a library on tropical forestry, possibly the best of its kind in the hemisphere.

Participated in detailed studies on the dynamics of subtropical wet and dry and lower montane forest ecosystems in Puerto Rico, which are representative of many other forests in the Caribbean.

Analyzed the forest biomass of the entire tropics and its significance to the global carbon budget.

Completed two forest inventories of Puerto Rico, one on the island of St. Vincent, and described and mapped the vegetation of St. John, U.S. Virgin Islands. The techniques followed are generally applicable to the region.

Assessed the damage of Hurricane David to the forests of Dominica, producing observations of significance throughout the West Indies.

Chaired the Tropical Forest Directorate of the Man and the Biosphere Program for many years.

Determined annual trends in the visitation of migrant birds from the continental United States over a period of 12 years.

Co-chaired the Silvicultural Study Group of the North American Forestry Commission for 23 years.

Completed comparative studies on the performance of Caribbean pine plantations in Puerto Rico, Trinidad, Venezuela, Jamaica, and Costa Rica.

Completed and published a bibliography of publications on forestry in Puerto Rico issued over a period of more than a century.

Completed and published comparative studies on the birds of the Antilles.

Published studies on enrichment planting with mahogany, showing results that are applicable throughout the region.

Developed an arboretum of native and exotic tropical timber tree species useful throughout the American tropics.

Developed an herbarium with 400 of the native tree species of Puerto Rico and the Virgin Islands, most of which are also found in the forests of neighboring islands of the Caribbean.

Developed satisfactory techniques for the line planting of West Indies mahogany on St. Croix in dry forests that are representative of many on other Caribbean islands.

Conducted a survey of the exotic tree species that have naturalized in Puerto Rico.

Written detailed silvical descriptions of more than 76 tree species of importance to Puerto Rico and the region.

Collected and sent tree seed samples to researchers and managers in dozens of countries.

ECOLOGICAL RESEARCH

Ariel E. Lugo
Ecologist

BIODIVERSITY

Increasing demand for products and services from tropical forests requires solutions that conserve biodiversity while responding to human needs. I reviewed (Lugo 1995) various paradigms of tropical forest resiliency and fragility to focus attention on the management of biodiversity. The management of tropical biodiversity is possible within the context of land use programs that focus on ecosystem management. New ecological paradigms of tropical forest resiliency underpin tropical ecosystem management. They can and/or should replace paradigms that highlighted ecosystem fragility and led to the belief that tropical forests cannot be managed. To lead the way in tropical-ecosystem management, ecologists must consider social, political, and economic factors that affect the way people relate to the biota. Ecosystem management will require use of modern technology to mitigate the negative consequences of poor development and land use practices. In spite of efforts to preserve ecosystems as they occur today, species composition of future tropical forest landscapes will be different than today's.

Changing land use in the tropics has resulted in vast areas of damaged and degraded lands where biodiversity has been reduced. The majority of research on biodiversity has been focused on population and community dynamics and has rarely considered the ecosystem processes that are intimately related. Silver and others (1996a) present a framework for examining the effects of changes in biodiversity on ecosystem function in natural, managed, and damaged tropical forests. Using a whole-ecosystem approach, the framework identifies key nutrient cycling and energy flow processes and critical junctures or pathways, termed interfaces, where resources are concentrated and transferred between the biotic and biotic

components of the ecosystem (table 1). Processes occurring at these interfaces, and the organisms or attributes participating in these processes, exert a strong influence on ecosystem structure. Silver and others (1996a) used examples from Puerto Rico, southern China, Dominica, and Nicaragua to illustrate how the functional diversity framework can be applied to critically examine the effects of changes in biodiversity on ecosystem function, and the relative success or failure of rehabilitation strategies. The few available data suggest that functional diversity, and not just species richness, is important in maintaining the integrity of nutrient and energy fluxes. High species richness, however, may increase ecosystem resiliency following disturbance by increasing the number of alternative pathways for the flow of resources (fig. 1). Silver and others (1996b) suggest ways in which the framework of functional diversity can be used to design research to (1) examine the effects of changes in biodiversity on ecosystem processes and (2) design and evaluate ecosystem management and land rehabilitation projects in the tropics.

MANGROVE ECOLOGY

Analyses of leaf osmolality and total nutrient content (N, P, K, Ca, Mg) of the coastal vegetation of the Sontecomapan Lagoon (Veracruz, Mexico) reveals the influence of penetration of sea water, and the differences in mineral uptake by typical halophytic species (*Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa*), facultative halophytes (*Acrostichum aureum*), and non-halophytes (*Pachira aquatica*) (Medina and others 1995). In these species leaf sap osmotic pressure and the leaf area/weight ratio increase, while the leaf area decreases with the salinity of interstitial water. Total N and P contents are correlated in all species, and in the mangrove species their contents decrease in the sampling sites with higher influence of marine

Table 1. — *Examples of key functions in tropical ecosystems, the interface where they occur, the organisms or attributes that contribute to each key function, and the mechanism through which they are accomplished (adapted from Silver and others 1996b).*

Ecological interface and key function	Responsible organism(s) or attribute	Mechanisms
Atmospheric-terrestrial interface		
Energy capture	Foliage	Provide surface area for capture of sunlight.
Nutrient capture	Foliage and epiphytes	Increase surface area exposed to atmospheric nutrient inputs.
Nutrient retention	N-fixing organisms Foliage, epiphytes, and wood	Fix atmospheric N in tissues. Immobilize nutrients in tissues and concentrate in stored water and arboreal soil; reduce the rate of water flow.
Nutrient transfer	Foliage, epiphytes, and wood	Cycle nutrients to terrestrial biota in litterfall; channel nutrients in stemflow and throughfall.
	N-fixing organisms	Transfer N to soils and plants in throughfall, litterfall, and decay.
Biotic interface		
Energy retention	Live and dead plant tissues	Store energy in the form of biomass.
Energy transfer	Foliage and phloem	Transfer photosynthate from leaves to other plant tissues; transfer carbon-based products to herbivores.
Nutrient retention	Live plant tissues	Store nutrients in tissues; produce secondary chemicals to reduce herbivory.
Nutrient transfer	Live and dead plant tissues	Retranslocate nutrients within tissues to minimize nutrient losses; produce litter.
Plant-soil interface		
Energy transfer	Litterfall	Transfer carbon to soil and forest floor.
Nutrient capture and nutrient and energy recapture	Rootmass and high fine-root biomass	Capture nutrients from rainfall, stemflow, throughfall; recapture nutrients and carbon prior to release to soil.

Table 1. (continued)

Ecological interface and key function	Responsible organism(s) or attribute	Mechanisms
	Mycorrhizae and bacteria	Increase nutrient availability to plants by increasing exploitation of the rhizosphere; capture nutrients prior to release to soil.
Nutrient retention	Symbiotic N-fixers, rootmass, and high fine-root biomass	Fix soil atmospheric N and transfer directly to plant root; reduce the rate of water flow through the soil; store organic matter and nutrients in tissues.
Nutrient transfer	Fine roots and mycorrhizae; litterfall	Transfer nutrients from soil to plants; control decomposition rates by production of secondary compounds; synchronize nutrient mineralization through control of litter quality and inputs.
Terrestrial-hydrologic interface		
Nutrient capture and energy and nutrient recapture	Fine roots and soil microbes	Capture carbon nutrients from stream water and alluvial sediments.
Energy and nutrient retention	Roots, coarse woody debris	Store carbon and nutrients in tissues, increase drainage; reduce the rate of surface flow of water and retain litter.

water (fig. 2). The K/Na ratio is considerably higher in the non-halophyte species (*P. aquatica* 15.9; *A. aureum* 18.1 to 14.1) compared to the halophytic mangrove species (*R. mangle* 1.4 to 0.6; *L. racemosa* 3.3 to 1.9).

The 33 ha of mangroves in Laguna Joyuda in western Puerto Rico have physiognomic and functional characteristics typical of mangroves along moist tropical coastlines (Lugo and Musa 1993). Two types of mangrove ecosystem—

fringe and basin forests—are predominant in Laguna Joyuda, and they exhibit considerable heterogeneity in vegetation structure. Edaphic (mostly soil salinity), topographic (elevation of the forest floor), and hydrological (water turnover and direction of flow) factors are probably responsible for the variations in vegetation structure. Leaf litter dynamics are characterized by rapid turnover of organic matter (>5 turnovers per yr) and nutrients, both having very small accumulations on the forest floor.

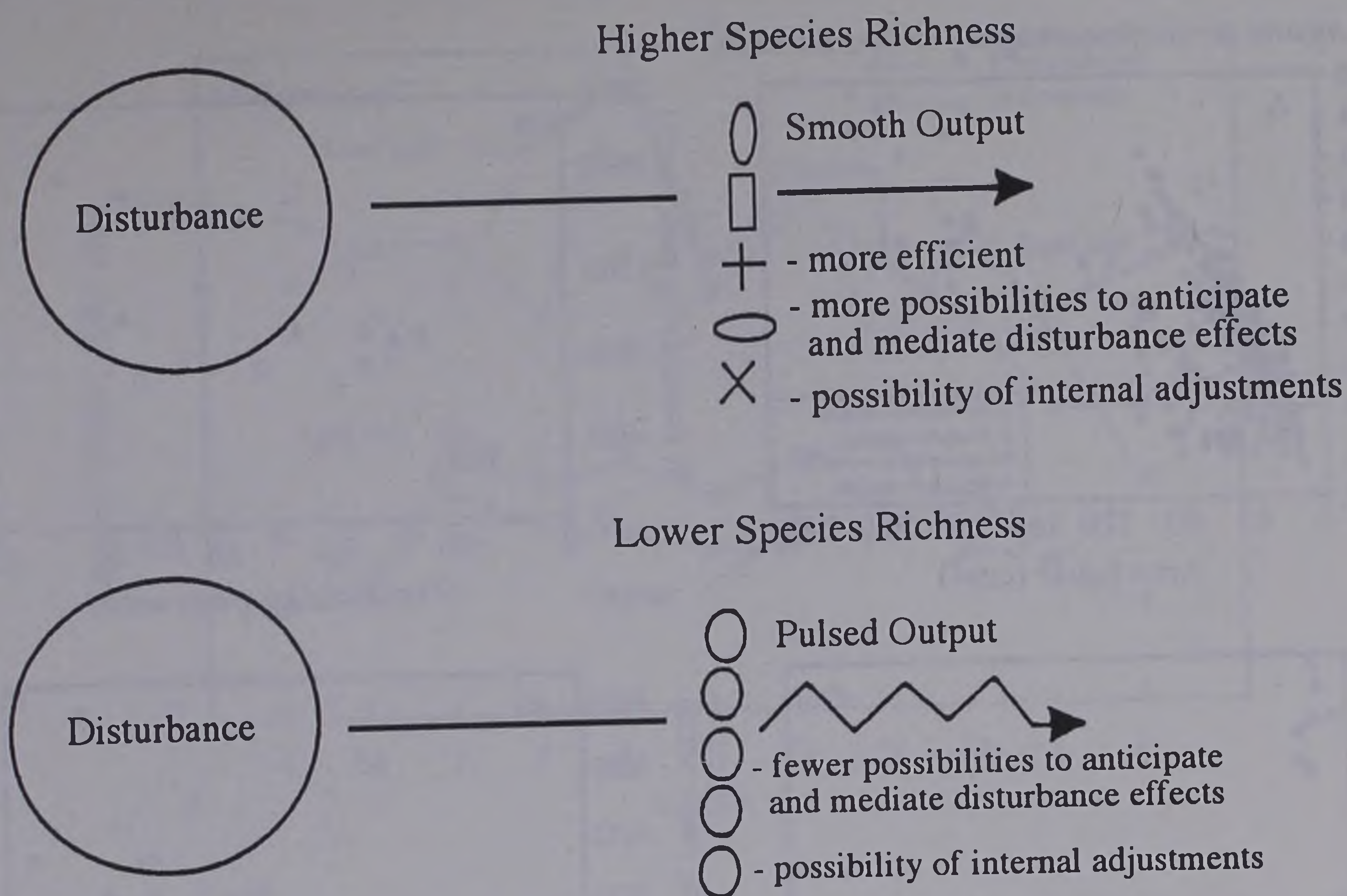


Figure 1. -The effects of disturbance on the flow of energy or nutrients in tropical forests with two levels of species richness. Each symbol represents a species. Disturbance in a more species-rich forest results in a smooth output because of the ability of organisms to anticipate the disturbance and maintain efficient use of resources through substitution of organisms within interfaces. The less species-rich ecosystem exhibits a pulsed output following disturbance because of the lack of individuals available for substitution within interfaces. Both ecosystems retain the possibility to make internal adjustments within or across interfaces to increase resource-use efficiency.

About 20 percent of all the leaf fall (13 percent of the leaf fall of *Rhizophora mangle* and 25 percent of the leaf fall of *Avicennia germinans*) is decomposed *in situ* and the rest is exported to the lagoon (fig. 3). More leaf litter production, decomposition, and export take place in basin forests because these forests occupy more area. Fringe forests have larger fluxes of leaf litter production, decomposition, and export per unit area of ecosystem. However, their leaves decompose at slower rates than those of basin forests. The minimal export of leaf litter mass, N, P, K, and Ca, from the mangroves to Laguna Joyuda is 138, 1.99, 0.06, 0.52, and 1.70 Mg yr⁻¹ t/yr, respectively. The organic export (0.28 g/m² day) is equivalent to about 10 percent of the planktonic net primary productivity of the

lagoon. The maximum export possible would be equivalent to about half of the net primary productivity of the lagoon. Mangroves appear to be an important driving force of lagoon metabolism. They store large amounts of nutrients and mass in soils and vegetation, and steadily release small fractions of stored nutrients and mass to lagoon waters.

DRY FOREST ECOLOGY

About half of the Central American and Caribbean land area is characterized by a tropical or subtropical dry forest climate (Murphy and Lugo 1995). Dry forests occur most commonly on low islands or on the lee side of mountainous islands, on coastal areas of low

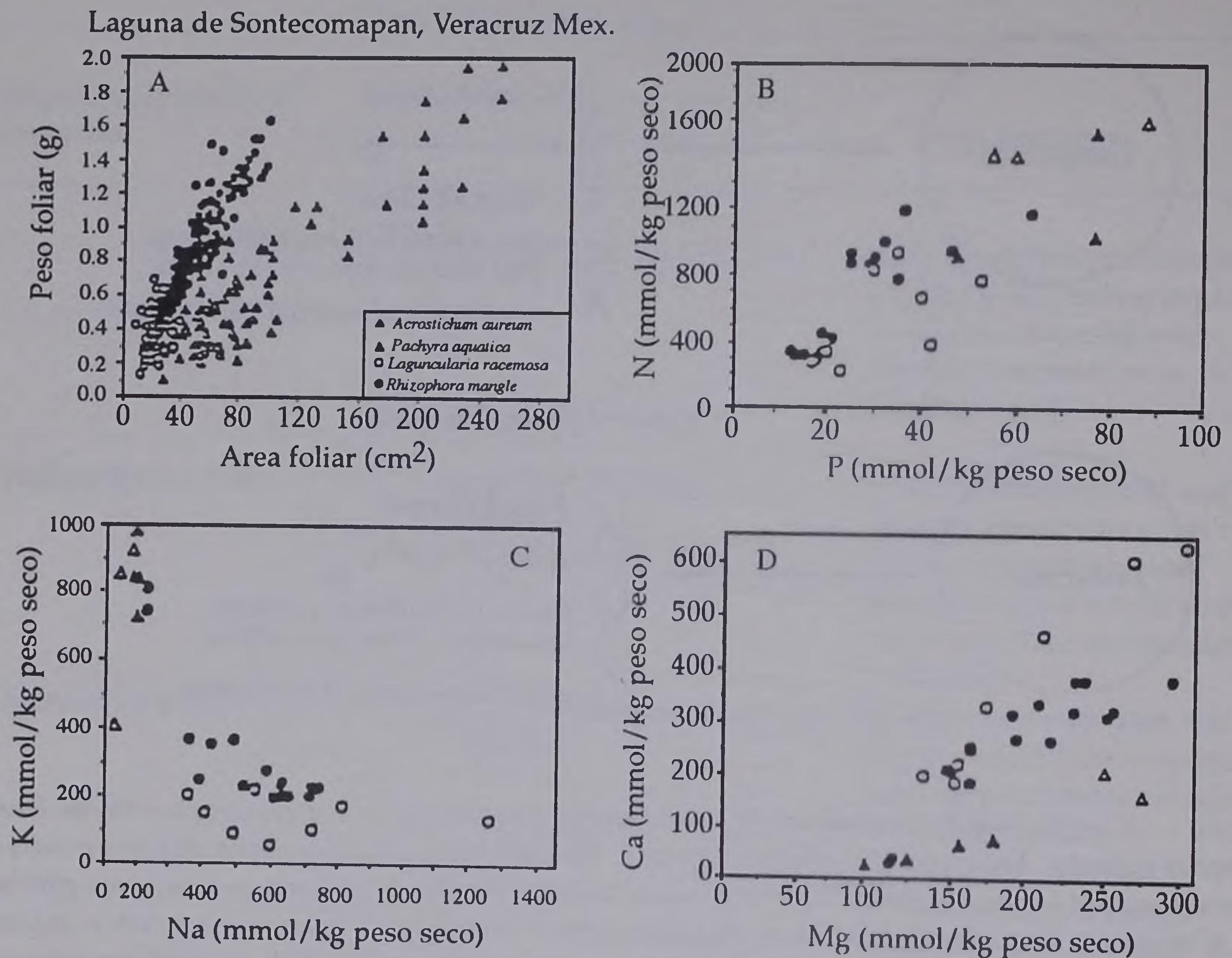


Figure 2. –Morphologic and nutrient relationships of leaves of species collected at different stations in the Sontecomapan Lagoon. (A) area/weight relationship; (B) nitrogen/phosphorous relationship; (C) sodium/potassium relationship; (D) calcium/magnesium relationship.

relief, and on the Pacific (lee) side of the Central American land mass at elevations below 2000 m. In such areas, annual rainfall levels typically are below 2000 mm and vary substantially from year to year. Major and minor annual dry seasons totaling six months are characteristic. Dry forests occur on a wide variety of soil types.

Dry forests vary from deciduous to evergreen or semievergreen, and vary considerably in structure and composition (table 2). They range from 2-m-tall woodlands in the drier, more exposed areas to 40-m forests on more favorable sites. Island examples tend to include

the smallest and densest forests. Total biomass increases with annual precipitation and ranges from <98 to 320 Mg ha⁻¹, with a relatively large proportion below ground. Annual aboveground net primary productivity ranges from <6 to 16 Mg ha⁻¹. Based on sample sizes of 1 to 3 ha, these forests contain from 30 to 90 tree species, roughly half that of wet forests. The species richness of some animal groups, such as birds and mammals, may in some cases exceed that of wet forest (table 2). Tree growth and primary productivity, leaf-out, litterfall, reproductive phenology, and other aspects of forest function closely track the seasonal availability of water.

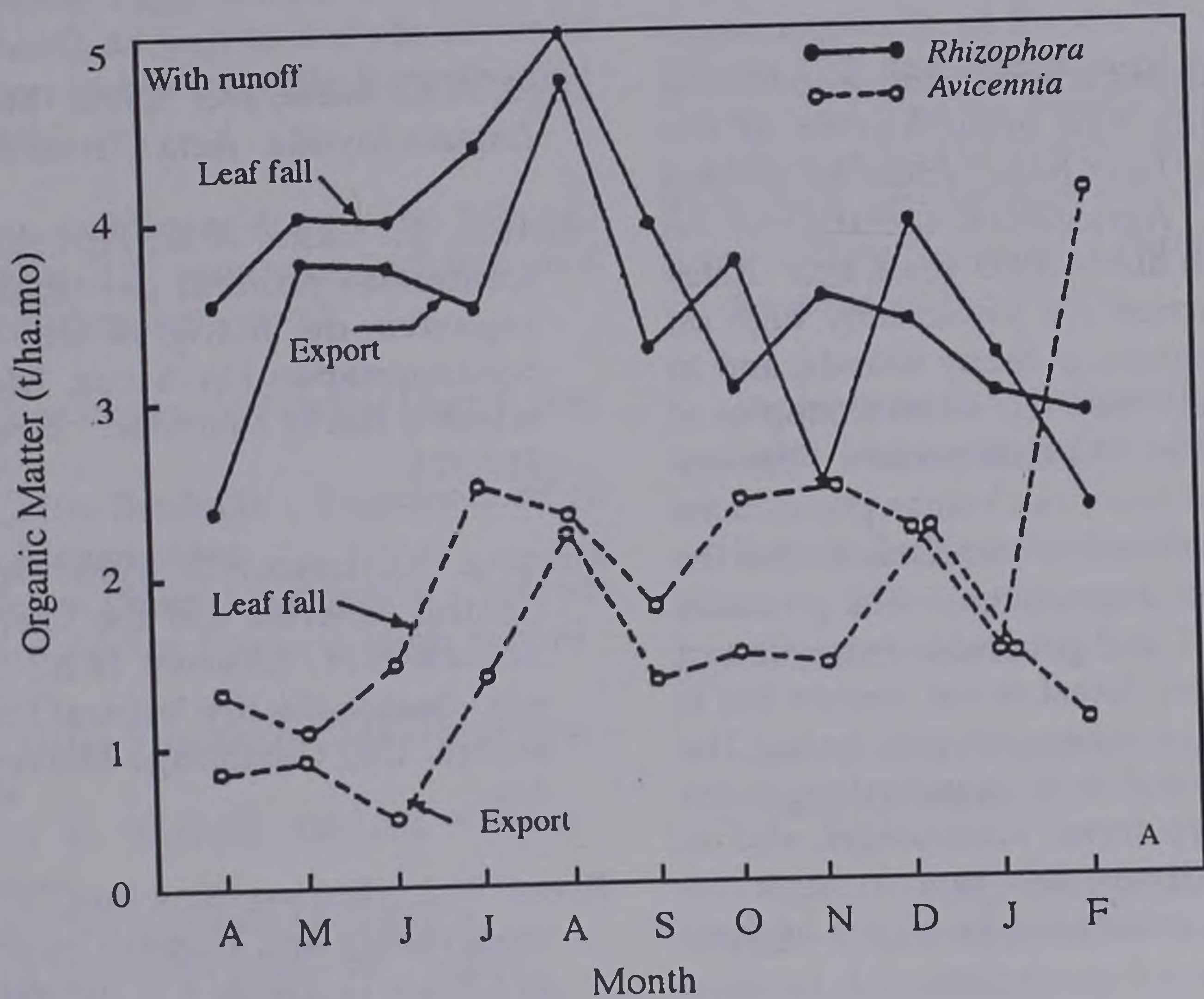
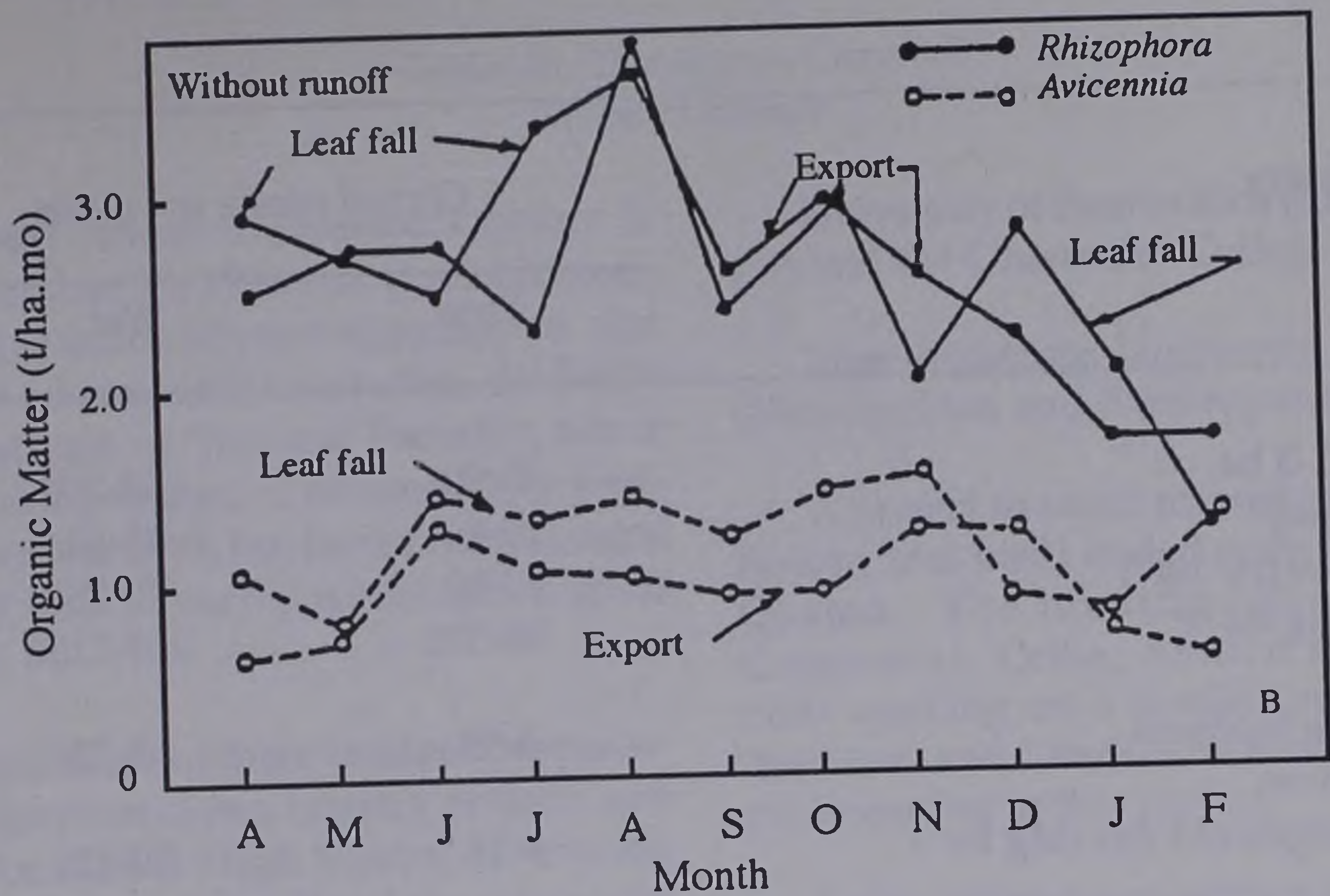


Figure 3. -Annual pattern of leaf fall and potential leaf export in fringe and basin mangroves with (A) and without (B) freshwater runoff in Laguna Joyuda, Puerto Rico.

Table 2. —Comparison of dry and wet forests with respect to selected ecosystem properties.

Ecosystem property	Global range in values	
	Dry	Wet
Tree species on 1-3 ha	33-90	50-200
Canopy height (m)	10-40	20-84
Basal area of trees (m ² ha ⁻¹)	17-40	20-75
Total biomass (Mg ha ⁻¹)	98-320	269-1186
Root biomass		
% of total live biomass	8-50	5-33
Primary production		
annual aboveground net (Mg ha ⁻¹)	6-16	10-22

In Central America, human influences in the form of hunting and modification of the vegetation cover have been factors for as long as 11,000 years. Agricultural alteration of the landscape began about 5000 years ago. Rates of animal extinction are particularly high on islands of the region; on many islands, and in some continental areas, few or no examples of natural lowland ecosystems remain. The tendency for Central American human populations to concentrate in drier climates has hastened the rate of dry forest degradation. The potential for the sustained and profitable extraction of products from dry forest is not known but is likely to be low on a per-unit-area basis. The need to develop rehabilitation and management strategies for dry forest ecosystems, and to protect the relatively few remaining tracts of undisturbed examples, is of the highest priority.

REFERENCES

- Lugo, A.E. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications*. 5: 956-961.
- Lugo, A.E.; Musa, J.C. 1993. Mangroves of Laguna Joyuda. *Acta Científica*. 7: 67-90.
- Medina, E.; Lugo, A.E.; Novelo, A. 1995. Contenido mineral del tejido foliar de especies de manglar de la Laguna Sontecomapan (Veracruz, Mexico) y su relación con la salinidad. *Biotropica*. 27: 317-323.
- Murphy, P.G.; Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E., eds. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 9-34.
- Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996b. Biodiversity and biogeochemical cycling. In: Oriens, G.; Dirzo, R.; Cushman, J.H., eds. *Biodiversity and ecosystem process in tropical forests*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996a. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. *Conservation Biology*. 10: 17-24.

HISTORICAL PERSPECTIVE

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Forest Historian

This report covers the period October 1, 1995 to September 30, 1996 and from a historical perspective is one of great significance. For the first time our research institution, the International Institute of Tropical Forestry, has a *Forest Historian* position. I assumed this position on November 1995, but have retained some functions of my former position (Biological Technician).

Most significant of these retained responsibilities are direction of two forestry projects, one with the Vocational High School of Utuado (Luis Muñoz Rivera School) and the other with the Barranquitas High School (Pablo Colón Berdecía School), as well as a study of wood decomposition in the Luquillo Experimental Forest (Bisley).

A dozen public and private schools benefited from IITF seminars, lectures, and conferences during this period:

Luis Muñoz Rivera - Vocational High School - Utuado
Pablo Colón Berdecía - Vocational High School - Barranquitas
María Teresa Piñero High School - Toa Baja
Dr. Pedro Albizu Campos High School - Levittown
Braulio Milán Hernández Middle School - Toa Baja
Antonio R. Barceló Middle School - Canóvanas
La Salle Private School - Bayamón
Calasanz Private School - Río Piedras
Bayamón Military Academy - Bayamón
Perpetuo Socorro Academy - Santurce
Rosa Bell Private School - Guaynabo
Christian Private Academy - Bayamón

I also discussed or raised topics that deal with forest history and the forests of Puerto Rico from the science perspective at two institutions of higher education:

University of Puerto Rico (Río Piedras Campus and the University College of Humacao)

Inter-American University of Puerto Rico (Metropolitan and Barranquitas Campuses)

A project to select municipal symbols (tree, flower, and bird) ended with great success in Coamo. The municipalities of Orocovis, Canóvanas, Ceiba, Añasco and Gurabo are now working on a similar project. Morovis, Yabucoa, and Dorado have shown interest in participating in this project.

I also offered suggestions to a commission established by the House of Representatives, Commonwealth of Puerto Rico, to carry out Project 883: the selection of a national tree, flower, and bird for Puerto Rico. One of my suggestions was to subdivide the project into three parts, one for each symbol. The Department of State requested a chronological report on the status of the project.

In response to initiatives from several communities, I took part in the following activities:

-Monte de Sión, Family Center, Barrio Saco, Ceiba (in coordination with the 4-H Club and agronomist Roberto Rigau).

-Barranquitas Lion's Club - Puerto Rico Camping Association.

-Moca Savings and Credit Cooperative - with the sponsorship of the Cooperative Development Administration, Mayagüez Regional Office.

-Some of the results of my forestry and historical research were published in journals:

(1) "Los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico en la Sierra de Luquillo durante los años forestales

de 1880-81 al 1888-89" [The Forest Utilization Plan of the Puerto Rico Forest Inspection in the Luquillo Mountains during the Forest Years of 1880-81 to 1888-1889]—an article that appeared in *Acta Científica* (published by the Science Teachers Association of Puerto Rico).

(2) "Aspectos históricos de la reforestación en las plazas públicas de Puerto Rico" [Historical Aspects of Reforestation in Puerto Rico's Town Squares]—an article that appeared in *Creditrónico* (published by the VAPR Federal Credit Union).

The creation of the position of *Forest Historian* in IITF has increased the flow of communication with the following organizations:

National History Archives (Madrid)

National History Archives (Washington, DC)

Library and General Archives of Puerto Rico

Institute of Puerto Rican Culture

University of Puerto Rico - (Center of Historical Research, and the Puerto Rican Hall of the José M. Lázaro Library, Río Piedras Campus)

State Office of Historic Preservation (San Juan, Puerto Rico)

With the goal of establishing closer relationships with organizations that deal with historical topics, among them the subject of forests, I made contact with the following organizations:

Association of Puerto Rican Historians

Conservation Trust of Puerto Rico

Agronomy College of Puerto Rico

American Society for Environmental History

Additionally, we increased communication with the magazine *History Line* (USDA Forest Service) and *Puerto Rican Historians Association's Newsletter*.

For the first time, the IITF presented topics relative to Puerto Rico's forest history at the (Caribbean National Forest's) First Interpretation Training as well as at the Puerto Rico Forestry Conference. It is also important to note that the Ateneo Puertorriqueño sponsored a contest on Historical Essays. I presented an essay entitled "El Bosque Nacional del Caribe 1898-1996 (The Caribbean National Forest, 1898-1996).

The acceptance by the University of Puerto Rico Press for publication of my book "*Historical Forestry Panorama of Puerto Rico*" constitutes a significant achievement. The Inclusion of a preface by Dr. Frank H. Wadsworth adds prestige to the book and illustrates the contribution of flora to the historical development of Puerto Rico.

The celebration of Arbor Day, and the Environmental Fair of the Municipality of Humacao are two activities in which, year after year, the presence of IITF representatives is notable. Nevertheless, Other activities or research continued: the development of a set of slides showing the presence of flora in Puerto Rico's town squares; another set of slides concerning to historical or legendary trees, a historical project on land use and tenure in the San Cristóbal Canyon, Barranquitas (in cooperation with the Conservation Trust of Puerto Rico); and a study of the presence of flora in the toponymy, or place names, of the towns and cities of Puerto Rico.

Finally, the development of a study dealing with the presence of the ceiba tree in Puerto Rico's historical events is in its initial stages. Parallel to this, and in response to the initiative of certain municipalities, —among them Dorado—, we have begun taking steps to establish various Puerto Rican parks showcasing trees that are endemic to this area.

TROPICAL FORESTRY TECHNOLOGY TRANSFER

Frank H. Wadsworth
Research Forester

The accomplishments of the Technology Transfer Group were divided into external and internal activities, and are so presented.

External Activities

Tropical forestry information was presented to diverse groups within tropical America, specifically:

Formal, graduate-level education in tropical silviculture and forest management was offered to Latin American students in four courses at the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza in Costa Rica.

A scientific paper describing the results of a series of experiments on liberation thinning by the late I. Hutchinson was prepared and has been accepted for publication in Costa Rica by COSUDE, Cooperación Suiza al Desarrollo, the Swiss foreign assistance agency.

Training in theory and field practice in secondary forest silviculture was offered in Costa Rica to extension agents from throughout tropical America, sponsored by the World Wildlife Fund.

A technical paper on critical aspects of tropical silviculture was prepared and presented at an international workshop in Peru, sponsored by the Center for International Forestry Research.

A lecture on lessons learned from forestry research experience in Puerto Rico was presented to a group of Caribbean area foresters convened by the Food and Agriculture Organization in Dominica.

Technical assistance was provided to the Forest Department of Dominica and to the Caribbean Natural Resources Institute to place

under sustainable management a demonstration forest in Dominica.

Data on mountain forest management were collected in the Dominican Republic, Jamaica, Guadeloupe, and Trinidad, then used in preparing a paper on the entire Caribbean which has been submitted to Food and Agriculture Organization for publication.

A series of technical recommendations was submitted to the World Commission on Forests and Sustainable Development as an aftermath of participation in a workshop in Costa Rica.

Recommendations for a future program of the Silvicultural Study Group, Food and Agriculture Organization North American Forestry Commission, were presented during a Group meeting in Mexico.

Local Activities

The manuscript resulting from an 11-year book project on forest production for tropical America was submitted to the printer.

Eight issues of *ISTF News*, a 12-page, quarterly newsletter of the International Society of Tropical Foresters, were edited for distribution to nearly 2,000 members. Editing consisted of screening all pertinent journals and reports, and, during the period of this letter, extracting 178 articles, describing 150 publications, and announcing 137 meetings and courses.

Requested recommendations were submitted for subjects such as a proposed workshop of the International Tropical Timber Organization in Bolivia, research coordination in the tropics, a policy for forest concessions, geographically sound forestry technical assistance, proposed ITTO forestry development in Peru, and presentations to the World Bank and the World Forestry Congress.

A manuscript for a book on the history of forestry in Puerto Rico was prepared and accepted for publication by the University of Puerto Rico.

A scientific paper on the growth of a 59-year-old mahogany plantation was prepared and presented at an international conference in Puerto Rico on Big-leaf Mahogany Ecology, Genetic Resources, and Management.

A subject matter outline for a graduate-level curriculum in the administration of natural

resource management was submitted to the University of Puerto Rico.

Recommendations were made to the Puerto Rico Department of Natural Resources and the Environment concerning incentives, practices, and tree species for the reforestation of watersheds.

The technical basis for a project to restore a wood industry in Puerto Rico was submitted to the Legislature of Puerto Rico.

WATERSHED RESEARCH

Fred N. Scatena
Hydrologist

During 1996, new research was initiated on the impacts of roads and water withdrawals in the Luquillo Experimental Forest (LEF). We also continued our long-term research efforts on the impacts and recovery of tropical forest following natural and anthropogenic disturbances. The year marked the publication of the second *Biotropica* Special Issue on the Long-Term Response of Caribbean Ecosystems to Disturbance (Walker and others 1996). Included in this issue were 15 articles on various aspects of ecological response to disturbances, including the recovery of biomass and nutrient pools in the Bisley watersheds (Scatena and others 1996), the temporal scale of belowground disturbances following clearcutting in the Bisley watersheds (Silver and others 1996), and riparian litter dynamics in the Bisley watersheds (Vogt and others 1996).

Also completed was the first detailed publication on the influence of microenvironment on the growth and nutrient dynamics of herbaceous species in the Bisley watersheds (Arnold 1996). This publication, a masters thesis by Amy E. Arnold of the University of Tennessee, Knoxville, clearly documents that the three study species, *Dieffenbachia seguine*, *Ichnanthus pallens*, and *Pilea inaequalis* were all "r-strategists" and occurred in microenvironments that differed in soil moisture and nutrients. The growth and biomass of each species was also related to soil nutrients and/or light conditions.

Another masters thesis, by Robert Kent of the University of Florida, (Kent 1996) dealt with seedling survival and colonizing vegetation in wetland plots receiving pig wastes. This study was conducted on a private farm near the Sabana field station; the results clearly support the theory that diversity is lower where nutrients are added to a system compared to that of a system with a tight internal nutrient cycle. In

Kent's wetland plots, the fertilized treatments filled in half the time as in the clear water plots. In both treatment and control plots, vegetative diversity reached its maximum shortly before the canopy closed.

The Institute was blessed to have Lydia P. Olander spend the year working on the effects of road construction on the composition and succession in the cloud forest zone of the LEF. This study compared the vegetation, soil properties, and microclimate of 6-month-old roadfills, 35-year-old roadfills, and mature forest. After 35 years of natural succession the 35-year-old roadfill areas had only 2 percent of the biomass of adjacent mature forest. Furthermore, the dominant mature forest species were absent from the sites and these areas have had the slowest rates of biomass accumulation observed in the LEF. Nevertheless, while these forests are very slow to recover they appear to be highly resistant to the invasion of exotic grasses.

Our understanding of the hydrology of the LEF was advanced significantly this year as a result of our continued collaboration with the Free University of Holland. One of the first reports to be completed under this collaboration illustrated the importance of stormflow generating processes and highlighted the importance of shallow groundwater flow (Van Hogezaand 1996). Other studies by the International Institute of Tropical Forestry on the influence of water withdrawals and sewage treatment plant effluent have begun to indicate the complex interactions that can exist within the aquatic ecosystems of the LEF (fig. 1). Unfortunately, many of the stressors that affect Luquillo streams are also stressing aquatic ecosystems throughout Latin America and the Caribbean (Pringle and others 1996). A recently completed study indicates that water intakes can entrain as much as 70 percent of the shrimp

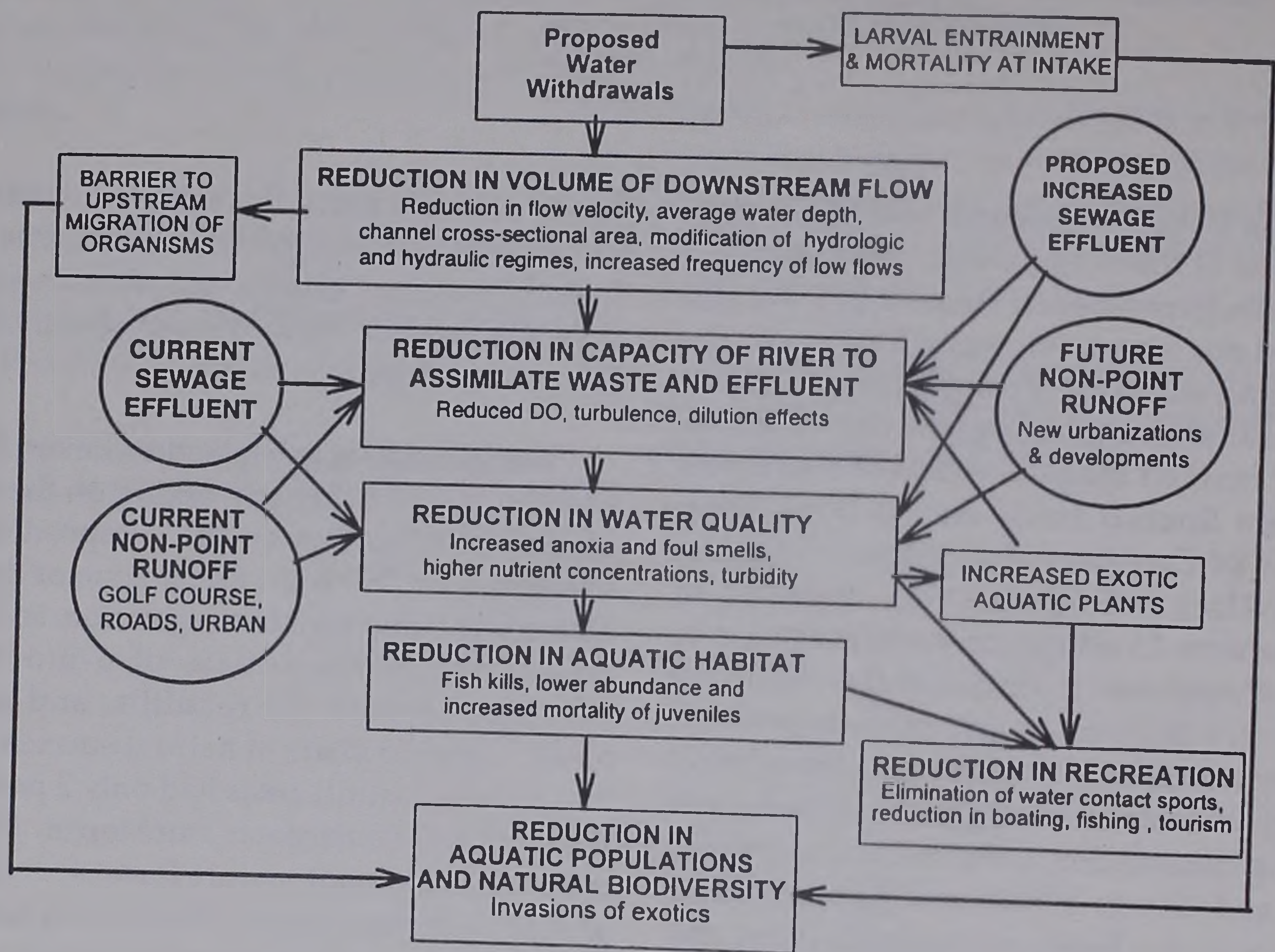


Figure 1. –Flow diagram of cumulative effects of proposed water withdrawals on Río Mameyes.

larvae leaving the LEF before they reach estuarine nursery areas (Benstead and others, in preparation). However, this research also shows that because larval release follows well defined diurnal and seasonal patterns, the impacts of these intakes can be greatly reduced with a minimum loss of water by timing water withdrawals to the life cycles of the organisms.

LITERATURE CITED

- Arnold, A.E. 1996. Influence of Microenvironment of Growth and Nutrient Dynamics of there Herbaceous species in the Bisley Experimental Watersheds of Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Thesis, Master of Science. The University of Tennessee, Knoxville. 134 p.
- Benstead J.P.; March, J.G.; Pringle, C.M.; Scatena, F.N. Developing new management strategies for tropical streams: modeling options to mitigate effects of water abstractions on migratory biota. Manuscript in preparation.
- Kent R. 1996. Seedling survival and colonizing vegetation in wetland plots receiving pig wastes in Puerto Rico: including a survey of other wetlands receiving eutrophic waters. Gainesville: University of Florida, Dept. of Environmental Engineering Science. M.S. thesis. 318 p.
- Pringle C.M.L.; Scatena, F.N. 1996. Factors affecting aquatic ecosystem deterioration in Latin America and the Caribbean with emphasis on Costa Rica and Puerto Rico. In: U. Hatch, U.; Swisher, M.E., eds. Tropical managed ecosystems: new perspective on sustainability. Oxford University Press.

Scatena F.N.; Moya, S.; Estrada, C.; Chinae, J.D. 1996. The first five years in the reorganization of aboveground biomass and nutrient use following Hurricane Hugo in the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* Special Issue. 28(4a): 424-440.

Silver W.L.; Scatena, F.N.; Johnson, A.H.; Siccama, T.G.; Watt, F. 1996. At what temporal scales does disturbance affect belowground nutrient pools? *Biotropica* Special Issue. 28(4a): 441-457.

Van Hogezaand, R.J.P. 1996. The use of chemical tracers in identifying stormflow generating processes in a small catchment

in the Luquillo mountains, Puerto Rico. Puerto Rico Working Paper No. 1. Free University of Holland. 63 p.

Vogt K.A.; Vogt, D.J.; Boon, P.; Covich, A.; Scatena, F.N.; Asbjornsen, H.; O'Hara, J.L.; Pérez, J.; Siccama, T.G.; Bloomfield, J.; Ranciato, J.F. 1996. Litter dynamics along stream, riparian, and upslope areas following Hurricane Hugo, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* Special Issue. 28(4a): 458-470.

Walker L.R.; Silver, W.L.; Willig, M.R.; Zimmerman, J.K. 1996. *Biotropica* Special Issue: Long Term Response of Caribbean Ecosystems to Disturbance. 28(4a): 414-614.

FOREST MANAGEMENT AND REHABILITATION RESEARCH PLANTATIONS AS CATALYSTS FOR NATURAL FOREST SUCCESSION

John A. Parrotta
Research Forester

During this period IITF led an international research project focusing on the catalytic effect of forest plantings on the regeneration of native tropical forest ecosystems located in deforested and degraded tropical landscapes. This collaborative research effort was funded by the World Bank, the USDA Forest Service, the Center for International Forestry Research, and the Overseas Development Administration. It involved scientists from nine countries and field research in Costa Rica, Brazil, Congo, Malawi, South Africa, Australia, and Hawaii. Field studies examined a series of hypotheses regarding the influence of forest plantation design, location, age, site conditions, and

wildlife on understory regeneration of native forest biodiversity. The results provided guidance on silvicultural interventions for maximizing forest ecosystem rehabilitation and restoration on disturbed tropical sites. In June 1996, a 4-day international symposium/workshop was held in Washington, DC under the auspices of the International Union of Forestry Research Organizations, the USDA Forest Service, and the World Bank. The topic was Accelerating Native Forest Regeneration on Degraded Tropical Lands. Proceedings of this conference will be published in 1997 as a special issue of *Forest Ecology and Management*.

SILVICULTURE RESEARCH

John K. Francis
Research Forester

INTRODUCTION

Subtropical moist forest, that is, areas forested or formerly forested receiving between 1000 and 2000 mm of mean annual precipitation, (Holdridge 1967) constitutes about 60 percent of the land of Puerto Rico. Because it was suited to farming, probably 95 percent of the area was cleared during the last 2 or 3 centuries and used in some form of agriculture. Nearly all of the remaining areas were selectively logged for choice species such as *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata*, *Prunus occidentalis*, *Cedrela odorata*, *Juglans jamaicensis*, *Ocotea moschata*, and *Zanthoxylum flavum*, grazed, and cut over for firewood. As a result, the composition of the pristine moist forest is incompletely known. To help construct a picture of the former primary forest as an aid in forest ecosystem restoration research, a number of disturbed primary forest remnants were located and inventoried for species and stand structure. Thirty-six remnant stands across several moist forest subtypes were included in the study, along with paired secondary forest plots (that had been cultivated at some time). The results are being analyzed and will be reported later.

During the course of inventory and analysis, the several subtypes within the moist forest became obvious. Some of these had been briefly described by Little and Wadsworth (1964). I am proposing a more comprehensive classification.

MOIST FOREST SUBTYPES

Type 1. Transition to wet forest over nonlimestone rocks is or was dominated by *Dacryodes excelsa*, with important associates *Buchenavia tetraphylla*, *Manilkara bidentata*, *Sloanea berteriana*, and *Byrsonima spicata*. *Syzygium jambos* is now very prominent in the mid- and understories. The type, which is

really just an extension of the tabonuco type from the wet forest, is very rich in ferns and epiphytes. Remnants are very rare in the moist forest zone.

Type 2. Transition to dry forest (excluding serpentine) is dominated by *Bucida buceras* (úcar). Its principal associate is *Bursera simaruba*. Principal disturbance in the past has been clearing for improved pasture, grazing, fuelwood cutting, and fire. Subtypes includeúcar forests on the south slopes of the Cordillera Central (which extend through the dry forest), certain areas of the moist limestone region, and probably the sands of the North Coast (no known remnants exist). This type is rich in shrubs and vines but supports few ferns.

Type 3. Forests of mid-rainfall areas over noncalcareous rocks were once widespread throughout the central zone of Puerto Rico. Very few stands remain, all of them very small in extent. I can identify three subtypes; possibly others once existed. An upland subtype is dominated by *M. bidentata* and *Buchenavia tetraphylla*. Another subtype was found in a band along the Cordillera Central, particularly on the upper southern drainages. The trees dominating the original stands of this subtype are unknown but certainly contained some combination of *B. tetraphylla*, *Prunus occidentalis*, *Cedrela odorata*, *M. valanzuelana*, *Sideroxylon portoricensis*, and *Cordia alliodora*. A third subtype occupied alluvial soils along rivers and on the northern coastal plain. It was apparently dominated by *M. bidentata*, *Hura crepitans*, *B. tetraphylla*, and *Ceiba pentandra*. Just one remaining stand is known to the author, about 2 ha in size and located on a coastal black clay.

Type 4. Forests of the tops of the mogotes are remarkably well represented and preserved. Because little or no mineral soil is present on the tops of these limestone hills, clearing for

agriculture was seldom attempted although medium and small trees were harvested for firewood and charcoal and open-range grazing took place. The rock is porous and excessively well drained with a cap of 10 to 20 cm of organic matter above the rock. The stands are dominated by *Sideroxylon salicifolium*, *Coccoloba* spp., *Ficus* spp., and *Clusia rosea*. Given the harshness of the environment, species diversity is remarkably high. Each individual stand is rather small (1/8 to 1/4 ha), but the total number of stands probably approaches several hundred.

Type 5. Forests of hillsides and valleys of limestone areas are the richest floristic type in the moist forest area. Very few stands remain, most are on hillsides, and all have been damaged to some extent by cutting, grazing, and aborted attempts to cultivate coffee and other crops. The type is well represented in species of trees, shrubs, vines, herbs, ferns, and grasses. The canopy dominants may include *M. bidentata*, *Sideroxylon borinquena*, *Bucida buceras*, *Coccoloba pubescens*, *Sapium lauroceracius*, *Hyeronima clusioides*, *Calophyllum calaba*, and *Cinnamomum elongotum*.

Type 6. Forests of serpentine areas are of limited extent in the moist forest area, but quite distinct floristically. Because the soils are poor, both chemically and physically, the vegetation is short statured. However, species diversity is high and includes more endemic species than any other moist forest type. A continuum can be followed from the lower rainfall extreme for

the type (in Bosque Susúa) through the highest rainfall of the moist type (Bosque Maricao). The forest at the low rainfall extreme is dominated by *Byrsonima lucida*, *Clusia rosea*, *Pimenta racemosa*, and others. At the upper rainfall end the dominants are variable, depending on soil quality, and may include *M. valanzuelana*, *B. tetraphylla*, *C. rosea*, *P. racimosa*, *Tetragastris balsamifera*, and *Ocotea* spp.

The saline and freshwater swamps were not included because they had been studied earlier (Figueroa and others 1984). Valleys along the North Coast with oxisol soils may have supported a unique type but have no known remnants.

LITERATURE CITED

- Figueroa, J.C.; Totti, L.; Lugo, A.E.; Woodbury, Roy O. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper SO-202. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Little, E.L., Jr.; Wadsworth, F.H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agr. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 548 p.

WILDLIFE RESEARCH

Joseph M. Wunderle, Jr.
Research Wildlife Biologist

During FY 1996 we sponsored a 3-day workshop on the Puerto Rican Parrot to summarize current knowledge of the parrot and to provide recommendations for a recovery effort. We also visited the Dominican Republic in January 1996 to locate banded migrant parrots returning to shade coffee plantations where we had studied migrants during the past three winters. In addition, we re-initiated a fruiting phenology study focusing on the fruits and seeds consumed by the Puerto Rican Parrot based on the recently completed study summarized below:

PRE- AND POST-HURRICANE FRUITING PHENOLOGIES: POTENTIAL IMPLICATIONS FOR PUERTO RICAN PARROTS

Fruiting phenologies of 25 plant species consumed or potentially consumed by the Puerto Rican Parrot (*Amazona vittata*) were studied to document the seasonal and annual variation in fruit production in the Luquillo Experimental Forest (LEF). In the 33 months before Hurricane Hugo, an annual cycle in the number of species with ripe fruit was evident with a peak in October-February and a trough in June-July (fig. 1). About half the plant species showed this annual fruiting cycle. However, year-to-year variation in fruiting was found in the annual cycle of the sierra palm (*Prestoea montana*), an important parrot food, in which the highest fruit production may occur every other year. Irregular noncyclic fruiting was found in the other half of the plant species, ranging in annual duration from frequent to rare. For example, *Dacryodes excelsa* was sometimes available for the entire year in contrast to *Inga laurina*, on which fruit was present for a limited duration. Fruit production reached its lowest point in October 1989, just after Hurricane Hugo, when only one species had ripe fruit. The number of fruiting species subsequently increased, but the cyclic pattern of fruit-

ing, evident in the number of fruiting species before the storm, disappeared through the 27 months to the end of the study. This noncyclic pattern was attributed mostly to species with annual fruiting cycles in which annual fruiting shifted out of phase and/or was suppressed after the hurricane.

These results indicate that the Puerto Rican Parrot in the Luquillo Mountains faced considerable annual and year-to-year variation in fruiting phenology prior to the hurricane, and substantial fruit loss after the hurricane, followed by a recovery involving changes in fruiting phenology of individual species and the overall community. Before Hurricane Hugo, parrot nesting was initiated during a period when relatively large numbers of plant species were bearing ripe fruit, whereas actual or potential fledging occurred at a time when relatively few plant species were bearing ripe fruit. After the hurricane, in 1990, parrot breeding was delayed (median data of clutch initiation = 19 April) relative to 3 years before the storm (median = 29 February).

However, by 1991, the second breeding season after the hurricane, clutch initiation dates were approaching to the earlier dates (median = 12 March) typical of the nonhurricane years. These observations suggest that changes in fruiting phenology may influence the timing of parrot breeding. As a result of these findings we have re-initiated the phenology study, but have focused on plant species for which we can obtain adequate sample size. This work is designed to help us understand the timing of parrot breeding as well as parrot movements.

ADDITIONAL PROJECTS

During the 1996 fiscal year I summarized the results of the Puerto Rican Parrot Workshop (Wunderle 1996) and published six papers. One

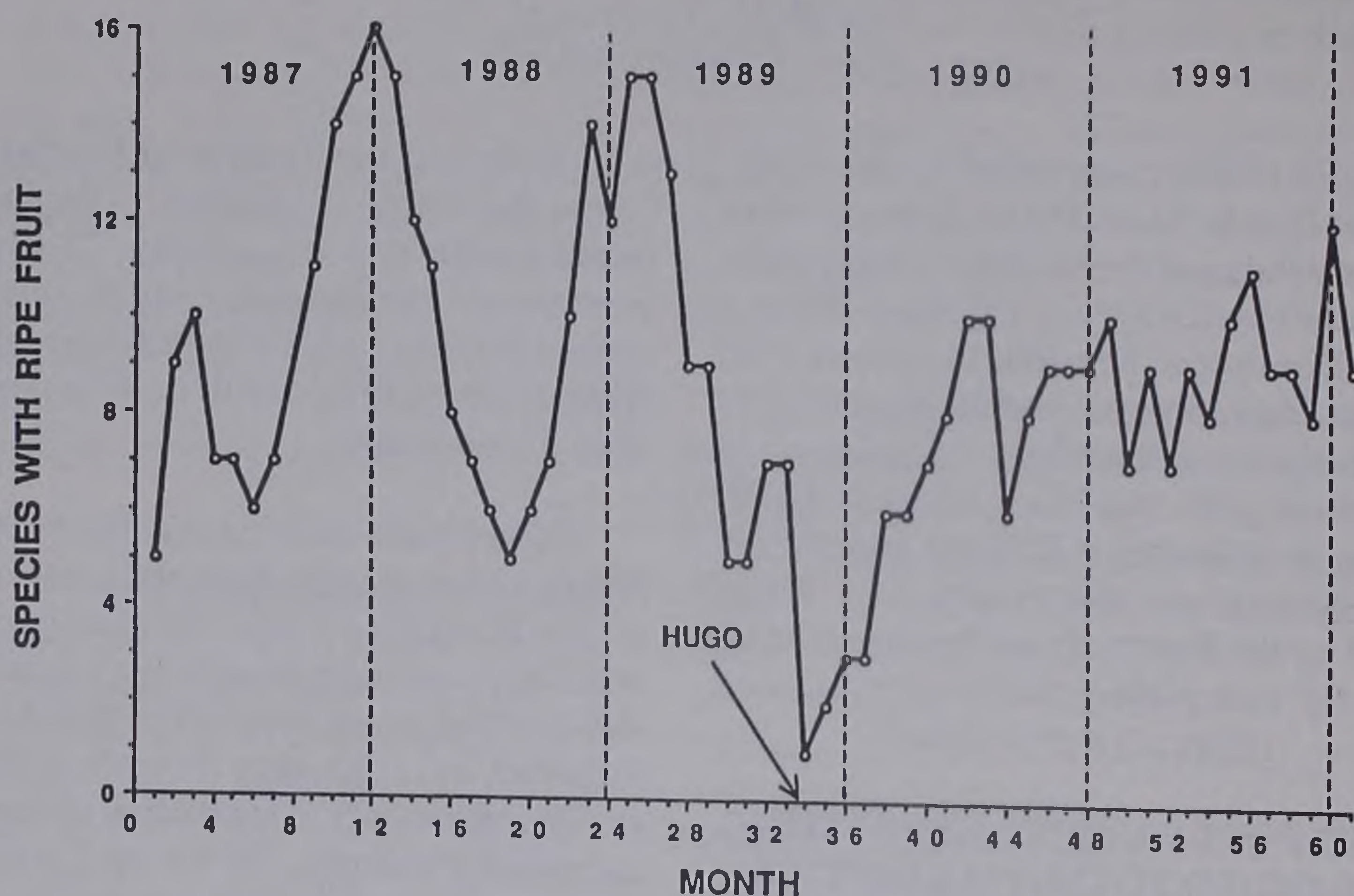


Figure 1. —Number of species of trees and vines with ripe fruit on three phenology trails in the Luquillo Experimental Forest (a plant species is defined as having ripe fruit when 10 percent or more of the fruit crop is ripe).

of one, cooperators published a note (Latta 1996) while another completed her thesis (Pagán 1995). My publications included a summary of previous neotropical migrant bird studies conducted at the Institute (Wunderle 1995b). One of these studies, which appeared during this period, involved a study of Black-throated Blue Warblers wintering in three sites on Puerto Rico where major differences were found in the behavior and ecology of this migrant species (Wunderle 1995c). Latta and others (1995) summarized an experimental study of bird nest predation in the LEF, in which we compared nest predation rates near roads and in the forest interior. This study identified some of the vegetation characteristics that were related to sites with high rates of nest predation. The responses of bird populations in the Tabonuco Forest at El Verde were studied for 18 months in the aftermath of Hurricane Hugo (Wunderle 1995d). The overall effects of hurricanes on

migrant birds on the wintering grounds were summarized by a chapter (Rotenberry and others 1995) in a book on neotropical migrant birds. We also summarized the effects of hurricanes on wildlife and identified some of the potential management schemes that might be considered to ameliorate the effects of these storms on threatened and endangered wildlife (Wunderle and Wiley 1996). Finally, Latta and Wunderle (1996) summarized the composition and foraging ecology of mixed species flocks of birds that were observed in pine forests of the Dominican Republic's Cordillera Central. This study illustrates how neotropical migrants integrate with local bird communities on the wintering grounds.

LITERATURE CITED

Latta, S.C. 1996. First report of Brewster's Warbler in Hispaniola. *El Pitirre*. 9:2.

- atta, S.C.; Wunderle, J.M.; Terranova, E.; Pagán, M. 1995. An experimental study of nest predation in a subtropical wet forest following hurricane disturbance. *Wilson Bulletin*. 107: 590-602.
- atta, S.C.; Wunderle, J.M. 1996. The composition and foraging ecology of mixed-species flocks in pine forests of Hispaniola. *Condor*. 98: 595-607.
- Pagán, M. 1995. Avian distribution and abundance in relation to habitat variation along an elevation gradient in the Luquillo Mountains, PR. Tesis de Maestría, UPR, Río Piedras.
- Rotenberry, J.T.; Cooper, R.J.; Wunderle, J.M.; Smith, K.S. 1995. When and how are populations limited: the roles of insect outbreaks, fires, and other natural disturbances. In: Martin, T.E.; Finch, D.M., eds. *Ecology and management of neotropical birds: a synthesis and review of critical issues*. New York, NY: Oxford University Press. 489 pp.
- Wunderle, J.M., ed. 1995a. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican Parrot. *Acta de sesiones para un taller de 3 días*, IITF, Río Piedras, PR.
- Wunderle, J.M. 1995b. Migrant studies at the International Institute of Tropical Forestry. *Partners in Flight*. 5(1): 10-11.
- Wunderle, J.M. 1995c. Population characteristics of Black-throated Blue Warblers wintering in three sites on Puerto Rico. *Auk*. 112: 931-946.
- Wunderle, J.M. 1995d. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: the first 18 months. *Condor*. 97: 879-896.
- Wunderle, J.M.; Wiley, J.W. 1996. Effects of hurricanes on wildlife: implications and strategies for management. In: R.M. Degraaf, R.M.; Miller, R.I., eds. *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. New York: Chapman Hall Publ. 253-263.

INSECT STUDIES

Juan A. Torres
Ecologist

We have continued collaborative work between the International Institute of Tropical Forestry and the University of Puerto Rico to conduct studies on insects of Puerto Rico.

Studies dealing with the venom produced by different ant species resulted in the following publications:

Jones, T.H.; Torres, J.A.; Spande, T.F.; Garrafo, H.M.; Blum, M.S.; Snelling, R.R. 1996. Chemistry of venom alkaloids in some *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) species from Puerto Rico. *Journal of Chemical Ecology*. 22:1221-1235.

Jones, T.H.; Torres, J.A.; Snelling, R.R.; Spande, T.F. 1996. Primary tetradecenyl amines from the ant *Monomorium floricola*. *Journal of Natural Products*. 59:801-802.

Additionally, we began a study on the effects of the fungus grower ant *Trachymyrmex jamaicensis* on seed germination and nutrient distribution in the Guánica dry forest. This ant uses the fruit from several trees to grow a fungus that the ant uses as food. The seeds, and on certain occasions the fruits, that seem unfit for growing the fungus are discarded near

nest entrances. The chemical analyses show that *T. jamaicensis* plays an important role in nutrient distribution in the forest. The project continues with the aim of determining the contribution of this ant to seed germination in this forest.

We finished the study dealing with the distribution of ants on the islands and keys that border Puerto Rico. The ant distribution does not follow the pattern predicted by the MacArthur and Wilson (1967) model of island biogeography. The number of species that tend to increase with time and distance from Puerto Rico to the Islands was not significant in explaining ant distribution. Nesting sites and habitat distribution or heterogeneity were better predictors of the distribution of species on these islands. The manuscript *Biogeography of Puerto Rican Ants: A Non-Equilibrium Case?* discusses the findings of this study and will be published in the journal *Biodiversity and Conservation*.

LITERATURE CITED

MacArthur and Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, NJ.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A MODEL OF ISOPRENE EMISSION FOR TROPICAL FORESTS

Michael Keller
Research Physical Scientist
and

Manuel Lerdau
Department of Ecology and Evolution, State University of New York,
Stony Brook, NY, USA

This report presents a review and summary of the recent investigation "Development and Validation of a Model for Isoprene Emission from Tropical Forests." The work was accomplished in cooperation with Dr. S. Joseph Wright of the Smithsonian Tropical Research Institute, Ancon, Republic of Panama.

Emission of isoprene by plants is the largest individual source of a photochemically active, reduced trace gas entering the atmosphere. Approximately 500 Tg ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$) of isoprene are emitted by plants each year, an amount equivalent to the annual emission of methane. Tropical ecosystems are by far the largest global source of isoprene emissions. Regional models suggest that isoprene emitted by tropical forests exceeds that of their temperate counterparts by a factor of 10. Once in the troposphere, isoprene reacts rapidly with hydroxyl radical (OH), the principal atmospheric oxidant. Thus, isoprene plays a key role in maintaining the atmospheric oxidant balance. The oxidation of isoprene affects the concentrations of three important tropospheric constituents: carbon monoxide, ozone, and methane. Approximately 30 percent of the global source of carbon monoxide results directly from isoprene oxidation. In the presence of high No_x concentrations, the oxidation of isoprene can result in appreciable formation of ozone.

Despite the global importance of isoprene emissions from tropical ecosystems, the fluxes are not well constrained. Algorithms used for estimating isoprene emissions in global models are all based on studies done with temperate plant species. Our investigation of tropical forest species has two phases: (1)

screening of common tree and liana species in the forest canopy for isoprene production; and (2) quantification of the effects of light and temperature on isoprene production and emission, accomplished by using an environmentally controlled cuvette system. Isoprene is analyzed using a portable gas chromatography system.

Species screening relies on a technique developed by Lerdau and Keller (in press). This simple technique uses a transparent polyethylene bag to enclose vegetation. Air is pumped from the bag and analyzed using a photoionization detector that is sensitive to alkene compounds such as isoprene. If isoprene is detected by screening, its presence is confirmed using the more specific cuvette/chromatography system. This system relies on a commercially available system for measurement of photosynthesis, the LiCor 6400 (LiCor, Lincoln, NB, USA). The LiCor system is composed of a leaf chamber with an internal light source and elements for temperature control. The photosynthesis system is linked to a portable gas chromatograph (Photovac 10S70, Deer Park, NY, USA).

Light and temperature responses for isoprene emissions are determined for changing conditions in the cuvette. Preliminary results from field sampling and modeling were obtained in July and August 1996. In July, we examined 16 species and found that 5 emitted isoprene. Replicated light and temperature curves were collected for *Ficus insipida* and *Leuhea seemanii*. These results appear to confirm previous findings for dry tropical forests, which show that tropical species have very high

maximum emission rates (Lerdau and Keller, in press). Results are being extrapolated to regional scales in collaboration with Professor Susan Alexander and her colleagues (Alexander and others 1996). Initial model studies based upon these data suggest that isoprene emissions from tropical ecosystems are even greater than previously believed (Alexander and others 1996).

LITERATURE CITED

- Alexander, S.E.; Potter, C.S.; Coughlan, J.C.; Klooster, S.A.; Lerdau, M.T.; Chatfield, R.B. 1996. Modeling global biogenic emission of isoprene: Exploration of model drivers. *Bulletin of the Ecological Society of America*. 77 (Suppl.):7.
- Lerdau, M.T.; Keller, M. [in press]. Isoprene emission from trees in a sub-tropical dry forest. *Plant, Cell, and Environment*.

RESEARCH ACTIVITIES

Peter L. Weaver
Research Forester

ST. JOHN, U.S. VIRGIN ISLANDS

Net aboveground primary productivity (NPP) was determined for the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands (Weaver 1996a). NPP averaged $10.64 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ and was estimated by summing litterfall ($8.97 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), herbivory rate ($0.25 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), and aboveground biomass change ($1.42 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Standing herbivory averaged 4.5 percent of the leaves and the herbivory rate was estimated at 4.6 percent yr^{-1} . The standing crop of litter was 9.38 t ha^{-1} , with a turnover rate of 0.96 times per year. The secondary forest in Cinnamon Bay watershed, recovering from past agricultural use, is maintained in a state of flux due to tree mortality caused by frequent disturbances such as hurricanes and periods of drought.

INTERNATIONAL COOPERATION

Two assignments were completed during the year for which reports were written. The first (Weaver 1996b) was to summarize regional forestry research, policy, and management activities for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands based on information from federal and local government agencies as well as environmental groups. The information was

discussed at the Seventh American Forest Congress, held in Washington, D.C.

The second task was to prepare a report (Weaver and Sabido 1996) on the history of mahogany in Belize for the USAID and the Smithsonian Institution in Washington, DC, and the American Embassy in Belize. This report was based on data obtained from several government and private groups in Belize.

LITERATURE CITED

- Weaver, P.L. 1996a. Forest productivity in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*. 32(1): 89-98.
- Weaver, P.L. 1996b. Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands region: forest research report. In: *Seventh American Forest Congress; 1996 February 20-24; Washington, DC*. 16 p.
- Weaver, P.L.; Sabido, O.A. 1996. Preliminary report on mahogany in Belize. International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 48 p. (unpublished report).

LONG-TERM AVIAN RESEARCH

Wayne J. Arendt
Research Wildlife Biologist

PUERTO RICAN PARROT RESTORATION PROGRAM

In December 1995, a landmark workshop was held to evaluate the status of efforts to restore the critically endangered Puerto Rican Parrot, and to plan for future research and management of the species (Wunderle 1996). For the workshop and forthcoming Proceedings volume, I analyzed 17 years of research data (Arendt, manuscript in preparation) on the parrot and its primary nest predator and competitor, the Pearly-eyed Thrasher (*Margarops*

fuscatus). I showed that the reproductive success of the parrot and thrasher is often greatly reduced, owing to the synergistic effects of a diverse group of biological stressors and population controllers. These include other thrashers, the Puerto Rican Screech-Owl (*Otus nudipes nudipes*), the Black Rat (*Rattus rattus*), the Honey Bee (*Apis mellifera ligustica* and *A. m. scutellata*), and the Philornid Botfly (*Philornis* sp.). Predation rates and nest-site competition were shown to vary significantly among years and months (figs. 1 and 2), and to escalate following a major habitat disturbance (fig. 3). The thrashers',

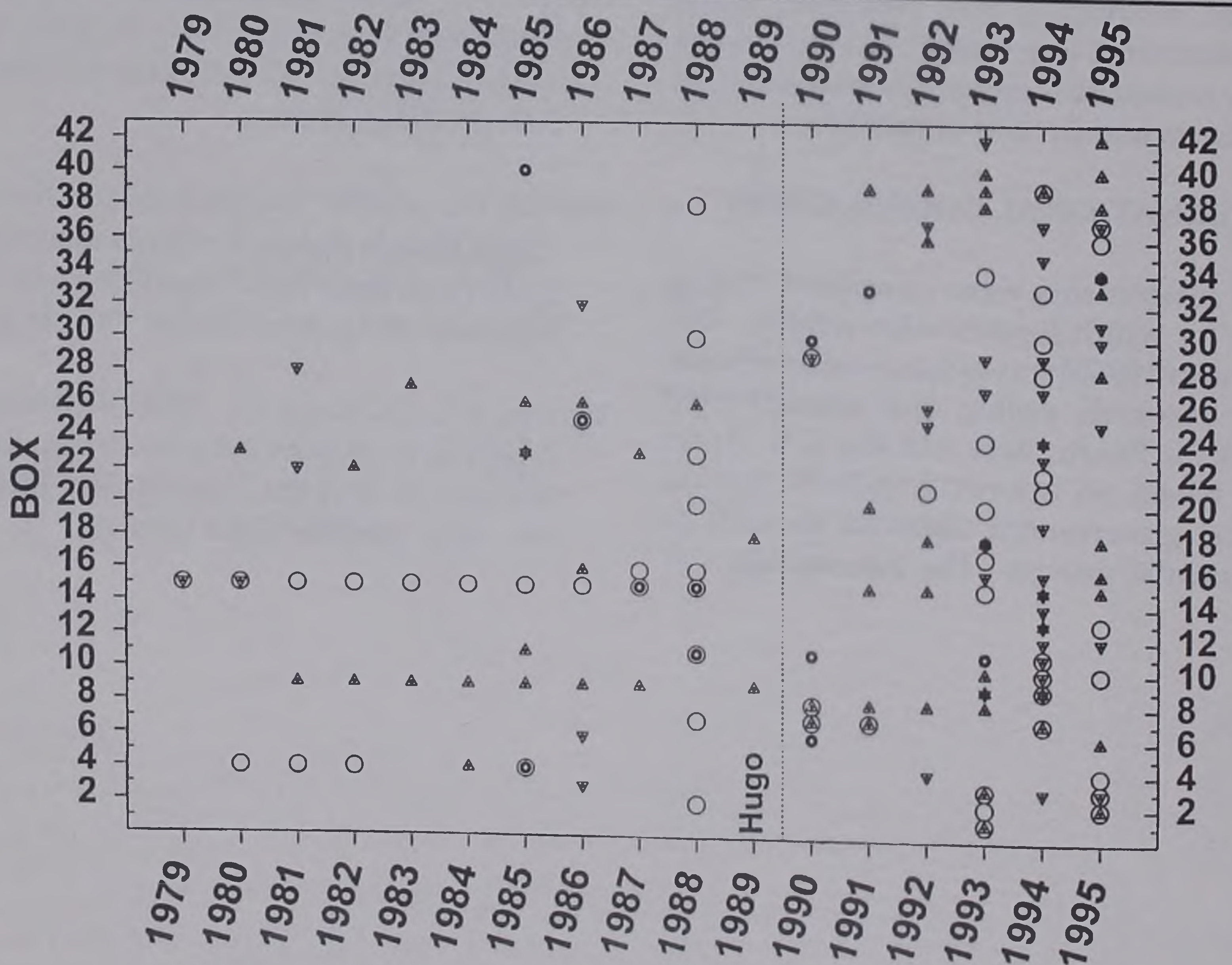


Figure 1. -Spatiotemporal patterns of competition for thrasher boxes by roosting (O) or nesting (●) owls, rats (△), and bees (▽). Note the substantial increase in owls roosting, rats nesting, and bees invading thrasher boxes following a major habitat, disturbance.

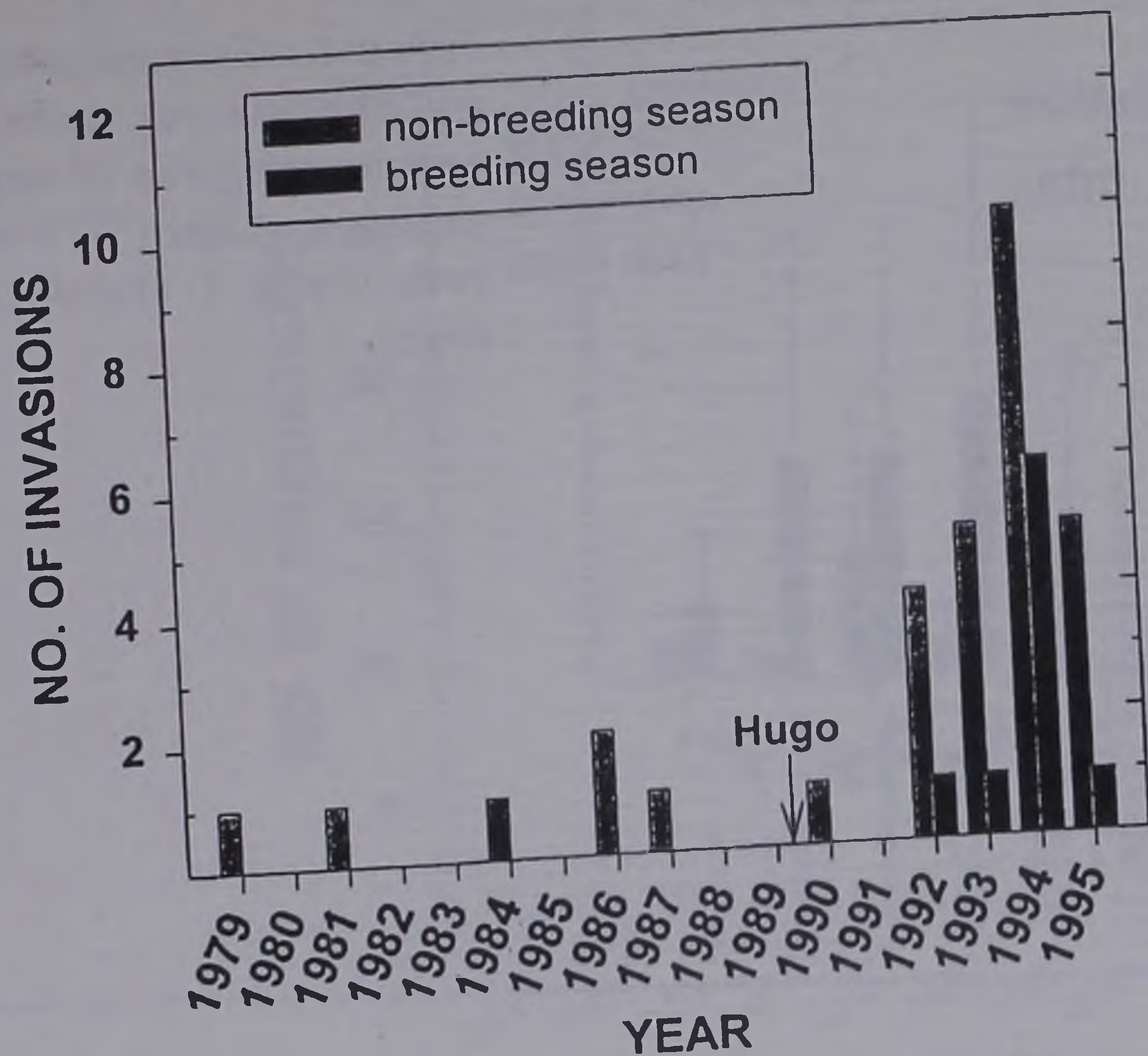
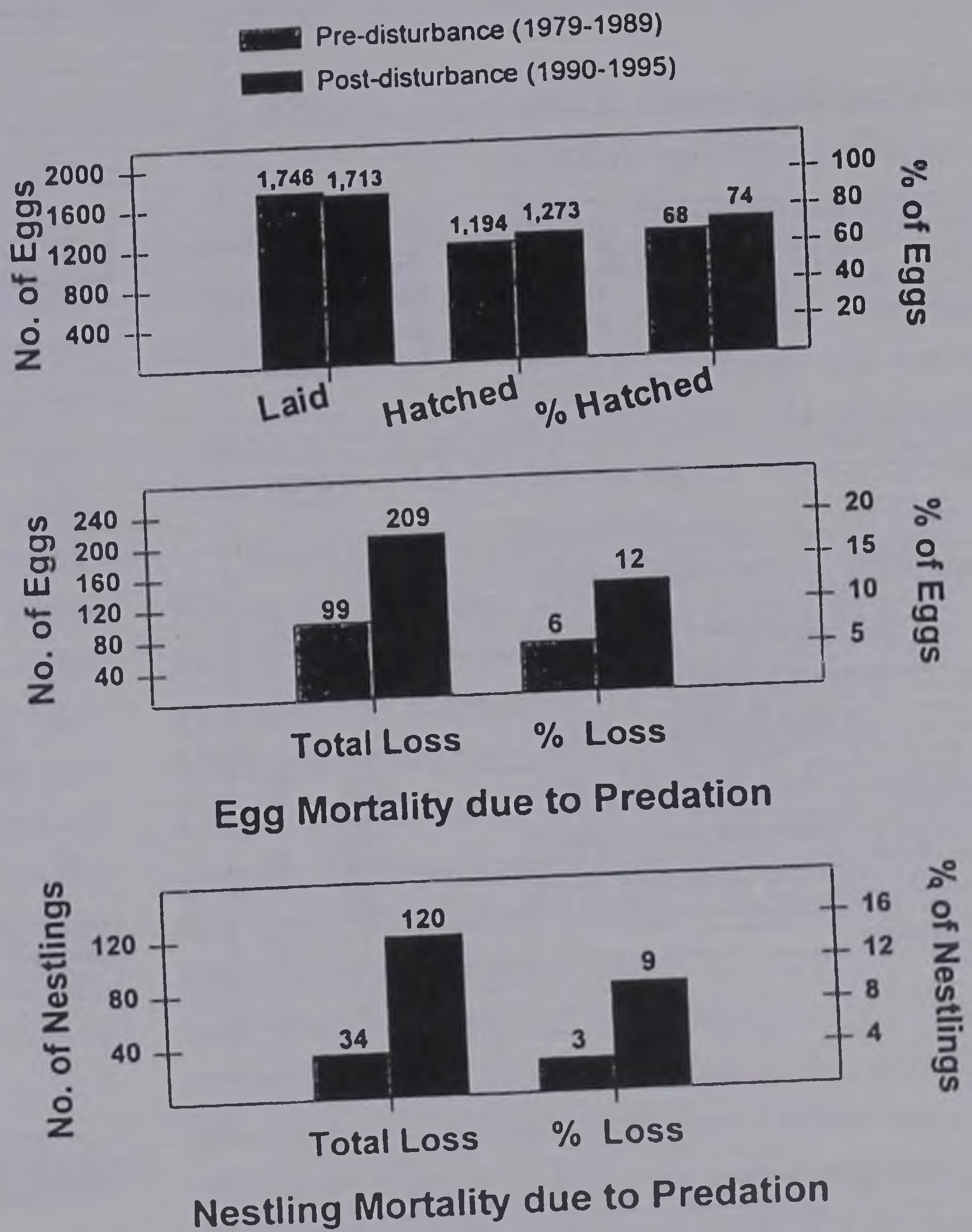


Figure 2. –Temporal pattern of invasions by Honey Bees in thrasher nest boxes. For the first 13 years of the study, Honey Bee swarms and subsequent invasions of boxes occurred outside of the thrasher's breeding season. Only recently has the Honey Bee lowered the thrasher's seasonal fecundity.

Figure 3. –Thrasher reproductive fecundity during 8 breeding seasons prior to Hurricane Hugo (September 18, 1989) and during the first 6 seasons following disturbance.



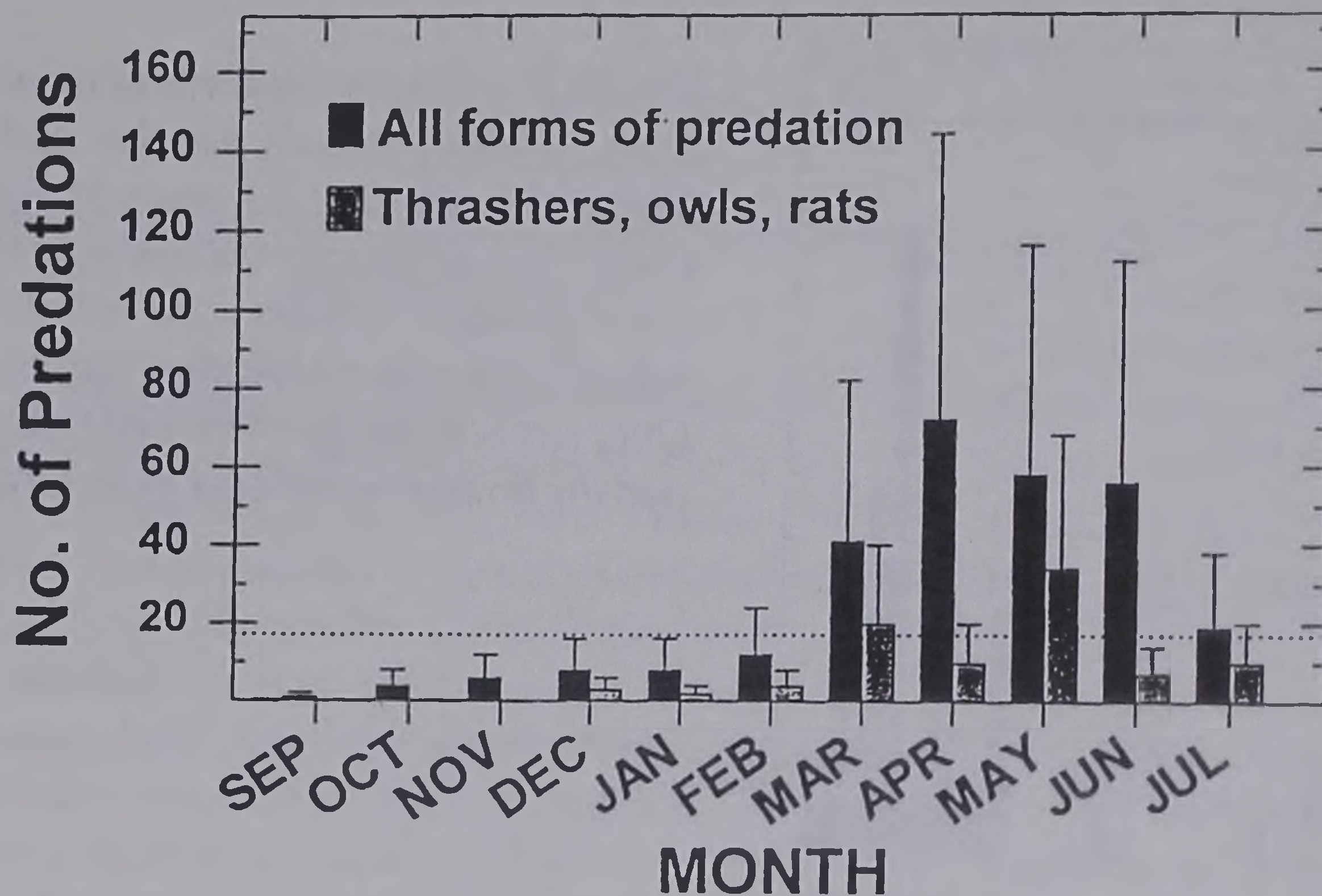
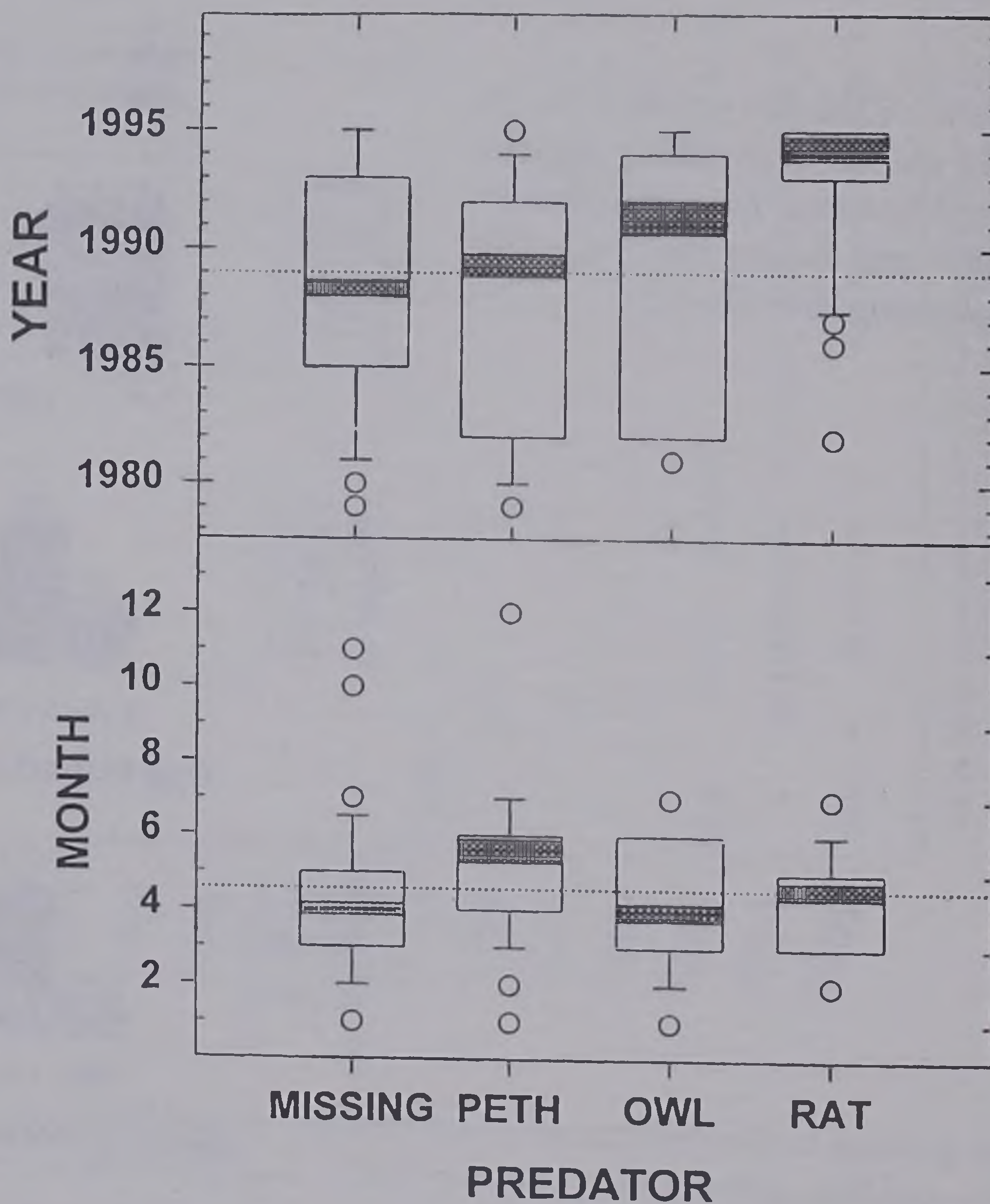


Figure 4. —Temporal activity fluctuations among various categories of nest predators. Caps ("T") on bars are ± 1 standard error).

Figure 5. —Comparison of temporal (yearly, monthly) activity among various categories of nest predators. Solid horizontal lines are medians. Lower and upper hinges on the open rectangles (boxes) encompass the 25th and 75th percentiles, respectively. Lower and upper caps mark the 10th and 90th percentiles, respectively. Cross-hatched rectangles define a 95 percent confidence interval around the median. Non-overlapping cross-hatched rectangles imply different population medians at the 95 percent level of confidence.



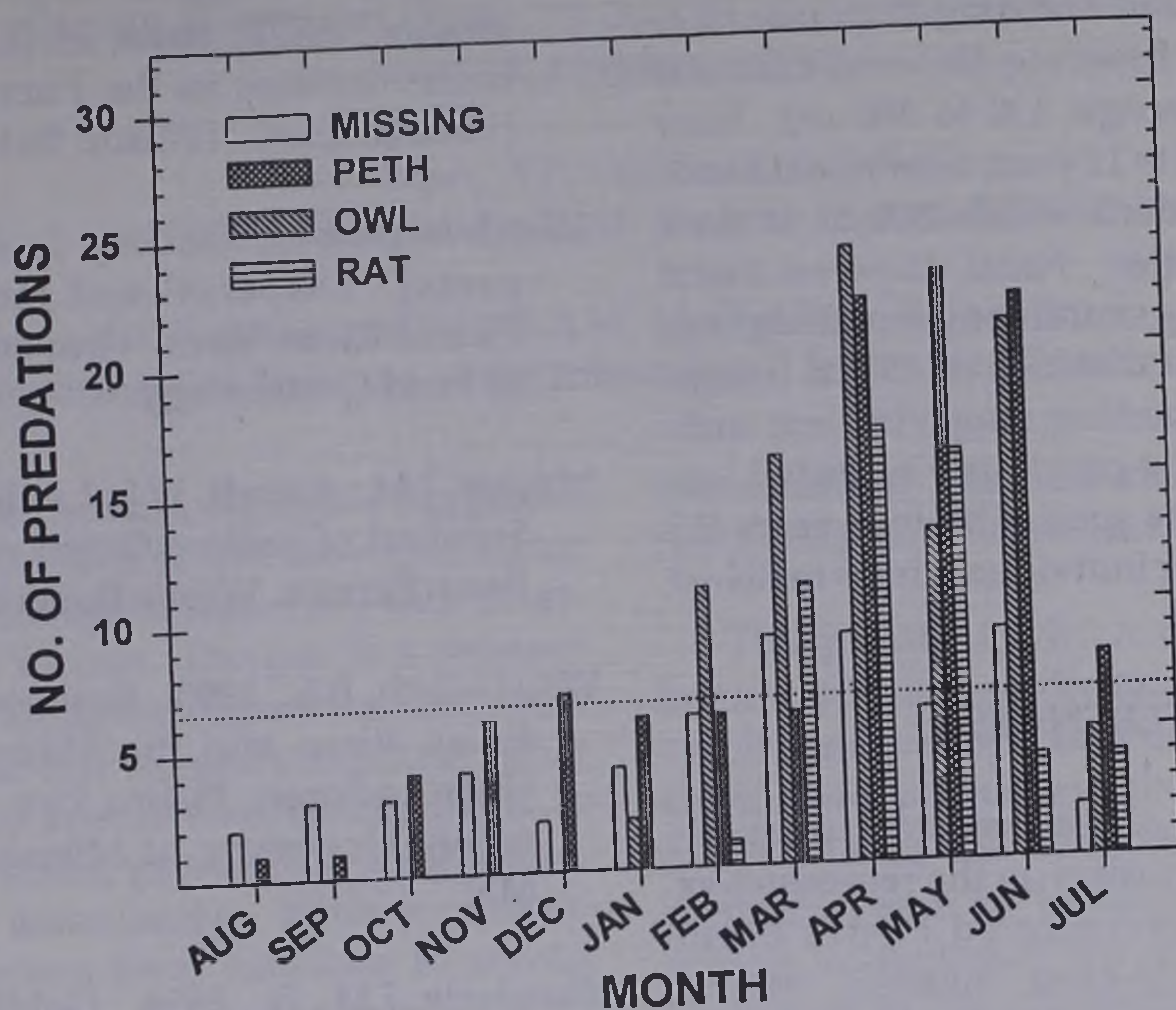


Figure 6. —Seasonal predatory activity among various categories of nest; predators reflecting the breeding season of each.

and parrots', major nest predators (owls, rats, and other thrashers) have developed an adaptive strategy of taking their prey during the critical period prior to the host's average age at death resulting from *philornis* ectoparasitism. Instances of predation (fig. 1) and cavity take-overs (fig. 4) have increased over the past 17 years, and are highly correlated with each predator's, competitor's, and parasite's own breeding seasons, which, when combined, virtually span the parrot's entire reproductive period (figs. 5 and 6). The breadth and extent of the predatory and parasitic habits of the Puerto Rican Parrot's five main biological stressors unequivocally show that constant, intensive nest guarding, trapping (rats), and repellents (against Honey Bees and Philornid Botflies) are necessary in our recovery efforts. Management recommendations and additional information on parrot research needs are offered as possible aids in ameliorating the effects of these nocu-

ous organisms that are so detrimental to the Puerto Rican Parrot's reproductive success (Meyers and others 1996).

GUÁNICA FOREST BIRD COMMUNITY

The Guánica Forest population of the Puerto Rican Vireo (*Vireo latimeri*), a single-island endemic bird, has been declining over the past 22 years, with a serious decline evident between 1989 and 1995 (described in last year's Annual Letter and an article by Faaborg and others, in press). Through our long-term research within the Guánica Forest, we have gathered valuable life-history information (e.g., rates of breeder and natal dispersal, and longevity) that will assist our efforts in managing for the species should that become necessary (Woodworth and others in press). Through our long-term, constant effort, mist netting (Faaborg and Arendt 1990), coupled with a more intense life-history

study of color-marked individuals (Woodworth 1995), we have found breeding dispersal rates of 12 to 22 percent. Breeding dispersal distances averaged 460 m (range: 130 to 560 m). Four males recaptured 8 to 12 years after initial banding were still resident within 500 m of their original banding sites. Natal dispersal (natal nest to first breeding site) among four fledglings averaged a median distance of 490 m (range: 300-2,030 m). Regarding longevity, one individual surpassed the previously recorded longevity record for the species by four years (13 vs. 9 yr). Three other individual vireos matched the previous record.

REFERENCES

- Arendt, W.J. Impact of nest predators, competitors, and ectoparasites on the reproductive success of the endangered Puerto Rican Parrot and Pearly-eyed Thrasher. Manuscript in preparation. Puerto Rican Parrot Workshop, presented at 1995; December, San Juan, PR.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J. 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds. *Acta Científica*. 4(1-3): 69-80.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J. 1995. Survival rates of Puerto Rican birds: Are islands really that different? *Auk*. 112: 503-507.
- Faaborg, J.; Dugger, K.; Arendt, W.J.; Woodworth, B.; Baltz, M. [in press]. Population declines in the Puerto Rican Vireo (*Vireo latimeri*). (Wilson Bulletin).
- Woodworth, B.L.; Faaborg, J.; Arendt, W.J. [in press]. Dispersal and longevity in the Puerto Rican Vireo, *Vireo latimeri*. *Journal of Field Ornithology*.
- Meyers, J.M.; Arendt, W.J.; Lindsey, G.D. 1996. Survival of radio-collared nestling Puerto Rican Parrots. *Wilson Bulletin*. 108: 159-163.
- Woodworth, B.L. 1995. Ecology of the Puerto Rican Vireo and the Shiny Cowbird in Guánica Forest, Puerto Rico. Ph.D. dissertation, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Wunderle, J.M., Jr. 1996. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican Parrot. In: *Proceedings, Puerto Rican Parrot Workshop; 1995; December, San Juan, Puerto Rico*.

SOIL OXYGEN CONTENT AND BIOGEOCHEMICAL CYCLING ALONG ELEVATION AND TOPOGRAPHIC GRADIENTS IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST, PUERTO RICO

W.L. Silver, A.E. Lugo, and M. Keller
Ecosystem Ecologist, Ecologist, Research Physical Scientist

(Co-sponsored by the A.W. Mellon Foundation, the
U.S. Department of Energy, and the International Institute of Tropical Forestry)

In his classic treatise, Richards suggested that soil aeration was a potent ecological factor linking ecophysiological responses with diversity of tropical forests. Oxygen is a primary requirement for aerobic organisms, and roots occurring under low oxygen conditions either die, or employ specialized mechanisms to reduce anoxia stress, generally at a significant cost to carbon assimilation. While a community- or ecosystem-level response to anoxia might be expected in flooded forests, we were interested in the possibility of a similar stressor in upland, nonflooded soils occurring in high rainfall environments. To determine if poor soil aeration might explain patterns in biogeochemical cycling or plant community structure, we measured O_2 in the rhizosphere over 2 years at the landscape scale in 3 humid tropical forests, and over 3 years along topographic gradients at the local scale in the Bisley Research Watersheds and the El Verde Research site. We chose soil O_2 content as an ecological measure because it integrates the effects of atmospheric moisture inputs with the edaphic conditions that plants experience, linking humid tropical forests with climate. In the absence of drought or distinct dry seasons, measuring the ecosystem- or landscape-level response of vegetation to different amounts of precipitation is difficult in clay soils with high water holding capacity. Under such conditions, soil moisture becomes ecologically relevant only when oxygen consumption exceeds diffusive transport, leading to oxygen depletion. As soil O_2 becomes limiting, aerobic respiration is stressed and several soil parameters change including redox potential, nutrient availability and uptake, and the composition and activity of soil microbial

communities. All these changes are likely to influence plant survival and growth.

The point at which O_2 concentrations become physiologically limiting varies among species and is a topic of much debate. Furthermore, some plants have the ability to translocate O_2 along the stem to the rhizosphere, raising O_2 and Eh to tolerable levels. As a further indication of the potential for oxygen limitation in the rhizosphere, we measured methane concentrations. Methane is formed only under severely reducing conditions (Eh < -0.244 V), and is quickly oxidized in the presence of O_2 . Net methane production in the soil signals a dominance of anaerobic over aerobic microsites, and a greatly increased probability of oxygen limitation to plant roots. Gas samples were also taken from surface chambers to determine the net flux of methane across the soil-atmosphere interface.

At the landscape scale, soil O_2 decreased significantly across forest types ($P < 0.001$, Kruskal Wallis) corresponding to a gradient of decreasing species richness and increasing annual rainfall (table 1). Soil O_2 always fluctuated near atmospheric levels in the species-rich wet forest, but averaged less than one-half to one-third ambient concentrations in the species-poor lower montane rain forest at 10 cm and 35 cm depth respectively. In the lower montane rain forest, several individual chambers registered <1 percent O_2 for up to 6-week intervals. The temporal and spatial variability of soil O_2 within a given forest type was smaller than the differences among forest types. Reduced soils

Table 1. —Species diversity, soil oxygen content (± 1 standard error), and soil methane concentrations (± 1 standard error) of: A) three subtropical wet forests (landscape scale), and B) along topographic gradients within the Tabonuco forest (local scale) in the Luquillo Mountains, PR; lowercase letters signify statistically significant differences among forest types or topographic zones ($p < .05$ unless otherwise noted).

A. Landscape scale

Life zone and forest type	Subtropical wet Tabonuco: 300-600 masl*		Lower montane wet Colorado: 600-750 masl		Lower montane rain Cloud: 750-1050 masl	
Rainfall (mm/yr)	3500		4500		5000	
Tree species richness (ha ⁻¹)	50		40		15	
Total tree species	170		90		40	
Soil O ₂ 10 cm (%)	21	(0.03)a	13	(0.2)b	8	(0.2)c
Soil O ₂ 35 cm (%)	20	(0.03)a	13	(0.2)b	6	(0.2)c
Soil CH ₄ 10 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)	4	(1.26)a	3094	(2314)b	47102	(13765)c
CH ₄ flux (mg m ⁻² day ⁻¹)	-0.48	(0.07)a	0.32	(0.24)b	96.7	(49.8)c

B. Local scale

Topographic zone	Ridge		Slope		Riparian Valley	
Tree species richness	7	(0.4)a	6	(0.4)ab	4	(0.5)b
Soil O ₂ 10 cm (%)	20	(0.1)a	17	(0.3)b	12	(0.4)c
Soil O ₂ 35 cm (%)	20	(0.1)a	17	(0.4)b	9	(0.4)c
Soil CH ₄ 10 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1.1	(0.2)a	3.5	(2.9)b	35.2	(27.3)c
Soil CH ₄ 35 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1.4	(0.8)a	1.3	(0.7)a	6.8	(1.6)c

*masl=

in the lower montane rain forest did experience oxygenation events (perhaps resulting from soil fauna activity). In general, O₂ concentrations fell to low levels within a week after these events.

Methane concentrations in the soil chambers were inversely related to O₂ concentrations ($P < 0.001$; analysis of variance) with particularly high levels (up to $2.4 \times 10^5 \mu\text{g g}^{-1}$) in the lower montane rain forest sites, indicating a strong dominance of anaerobic microsites and oxygen limitation to aerobic organisms. Depth to the parent material is generally less than 50 cm in these organic soils, so it is probable that methane is produced *in situ* rather than at depth. Following one high-rainfall event (105 mm in 2 days) in July 1994, we measured methane concentrations that were a factor of 10 above

ambient levels in the normally well-oxygenated Tabonuco site. Such a rapid flush of methane production has not been previously reported for wet tropical forest soils, and may result from a combination of decreased gas transport, increased activity of methanogens in the anaerobic microsites, and suppression of the activity of aerobic methanotrophs. We measured net methane emission to the atmosphere from soils in the Colorado and cloud forests. The well-oxygenated soils of the Tabonuco forest consumed methane from the atmosphere (table 1).

At the local scale, soil O₂ generally decreased ($P < 0.001$; Kruskal Wallis) along a gradient from the more species-rich ridge tops dominated by diverse dicotyledonous plant communities to the less diverse riparian valleys

dominated by palms (table 1). Valley soils exhibited methane concentrations that were approximately 20 times greater than ambient levels, indicating very anoxic conditions. Soil O_2 concentrations were negatively correlated with the total rainfall for the previous 2 weeks ($P < 0.02$, Pearson correlation) in the slopes and valleys, where hydrologic inputs from upslope, stream systems, and atmospheric sources are concentrated. The rate of change in soil O_2

concentrations in the lower topographic zones occurred on a scale rarely considered relevant to wet tropical forests, but indicates a functional seasonality affecting crucial ecophysiological processes in these ecosystems which are generally considered aseasonal. Extractable soil P concentrations increased in soils that exhibited frequent low O_2 events, probably associated with the reduction of Fe.

AT WHAT TEMPORAL SCALES DOES DISTURBANCE AFFECT BELOWGROUND NUTRIENT POOLS?

W.L. Silver, F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, and F. Watt
Ecosystem Ecologist, Hydrologists

(Co-sponsored by the A.W. Mellon Foundation)

We monitored the effects of harvesting aboveground biomass and also the effects of Hurricane Hugo on soil chemical and physical properties, and live and dead root biomass over a 6-year period in a subtropical wet forest in Puerto Rico. Our goal was to determine how belowground processes changed at different temporal scales including the period immediately prior to revegetation (9 weeks), the intermediate period of initial regrowth (9 month), and the longer term reorganization of the vegetation and biogeochemical cycling (7 year). Harvesting resulted in temporary increases in the availability of exchangeable nutrients, but forest floor and soil nutrient pools had generally returned to preharvest values over a 9-week period. Significant amounts of potassium (K) moved through the soil over this

period, amounting to 29-46 kg ha⁻¹, and resulting in a reduction in the size of the exchangeable soil K pool. The hurricane deposited approximately 845 kg ha⁻¹ of forest floor mass and considerable nutrients on the soil surface, and increased soil NO₃-N and exchangeable K pools, but, in all cases, pool sizes had returned to prehurricane values within 9 month. Examination of the data on an annual time step over the 7-year period revealed an increase in soil cation pools and a significant decrease in soil pH. No change in soil organic matter was detected at any time step following the disturbances. Live fine root biomass was dramatically reduced as a result of the hurricane, and was only beginning to show signs of recovery near the end of the 6-year experiment.

FUNGI OF THE GREATER ANTILLES

D. Jean Lodge
Forest Products Laboratory
Research Botanist

This was an exciting year for the Center for Forest Mycology Research in Puerto Rico. Four years of funding for the program "Basidiomycetes of the Greater Antilles, with Special Emphasis on the Luquillo LTER Site" was initiated on 1 April 1996. Also in early April, Jean Lodge presented an invited paper on factors controlling diversity of decomposer fungi in wet tropical forests at the Biodiversity Symposium—part of the Centennial celebrations of the British Mycological Society in England. In spring of 1997, the paper will appear in *Biological Conservation*. IITF International Cooperation assisted by providing travel expenses not covered by the British Mycological Society.

COLLECTION EXPEDITION

The Basidiomycetes program got off to a very good start. Over 1,000 collections of fungi were made in Puerto Rico during a 2-week expedition around the island in June. Two scientists from North America, and one each from Puerto Rico, Switzerland, Norway, and Sweden joined Jean Lodge for the expedition, as well as a Puerto Rican mycology student who joined us for part of the trip. The number of Hygrophoraceae species known to inhabit Puerto Rico was doubled as a result of this work, including several new to science. One of the most spectacular new species was an all-green *Hygrocybe* (wax cap) from Toro Negro. Among wood-decomposer fungi, there were many polypores (shelf fungi/orejas de madera) that were very unusual, as determined by the world's leading expert on tropical polypores, the representative from Norway. Our Swedish colleague found several undescribed species among his collections of Corticiaceae (basidiomycete fungi with flat, non-poroid fruiting bodies on wood). Also discovered were several new species among the pink-spored mushroom family, the Entolomataceae.

TRAINING AND EXPLORATION

A preliminary trip was made to Jamaica in September 1996, with assistance from IITF International Cooperation, to train our Jamaican cooperator at the Institute of Jamaica, Mrs. Tracey Commock. Various field sites in the Cockpit country were explored in the company of a group of botanists, to lay the groundwork for a large expedition in 1999. Jamaica may be the missing link in our understanding of the fungi of the Greater Antilles. It has become apparent that many poorly known and forgotten species described by Murrill almost 90 years ago match our collections from Puerto Rico and St. John, U.S. Virgin Islands. Some of Murrill's species were previously known only from a single collection in Jamaica. Those that were not "forgotten" were often wrongly synonymized with another species. Much work lies ahead to sort out the different Caribbean species that have been incorrectly corrected as the same.

MAHOGANY ROOT AND BUTT DISEASE

A soft shelf fungus with long teeth was found by Dr. Frank Wadsworth to be associated with mortality of mahogany trees in a plantation at the Guajataca Boy Scout Camp. Other specimens were found by Jean Lodge, Antonio Ortiz, and Leif Ryvarden in El Verde in association with mahogany and *Buchenavia capitata*. This is a very unusual fungus, the *Beenakia informis*. The association of the fungus and its characteristic yellow mycelium with spiny chlamydospores (vegetative reproductive bodies), found at the disease front in the dying cambium of large roots and lower trunks, led Lodge and Ortiz to perform an inoculation experiment with the fungus on healthy mahogany at Camp Guajataca. Although the fungus was only recovered once from the

inoculated roots, we believe it plays an important role in killing the trees following some type of stress. Infection centers seem to start with very old trees, but the fungus has been found spreading to trees as small as 8 cm in diameter, possibly through root grafts. So far, the only infected tree species were mahogany: *Guarea guidonia*, *B. capitata*, and *Andira inermis*. This

suggests that the spread of the disease in future mahogany plantations could be limited by maintaining a wide spacing between lines. Ortiz found a fungus, *Trichoderma* sp., that was very antagonistic to the *Beenakia* fungus in culture; the *Trichoderma* may be useful as a biological control agent if applied to cut stumps following thinning operations.

A BROMELIAD TRANSPLANT EXPERIMENT: EFFECTS OF SUBSTRATE AND MICRO-CLIMATE VARIATION ON THE SURVIVORSHIP AND GROWTH OF THE BROMELIAD (*Guzmania berteroniana*) IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST, PUERTO RICO

Jennifer Pett-Ridge, Whendee Silver, and Thomas Siccama

(Co-sponsored by the U.S. Forest Service Research Natural Areas Program, IITF, and the A.W. Mellon Foundation)

Epiphytes play a unique functional role within ecosystems, capturing nutrients and water directly from the atmosphere, thereby providing a direct interface between the atmosphere and the terrestrial biosphere. In theory, epiphytes should be independent of soil resources, and adapt successfully to new substrates and micro-climates as long as atmospheric resources are available. We tested this hypothesis with a reciprocal transplant experiment using the epiphytic tank bromeliad *Guzmania berteroniana* (R & S) Mez within the palm forest of the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Transplant and control treatments were applied to 100 plants, and growth and survival were measured biweekly for 6 months.

Transplanted individuals experienced only 4 percent mortality. Among all individuals, 13 percent grew new juvenile shoots, and an

average of 181 cm new roots, yet most treatments yielded a net diameter loss (mean = 8.6 percent). Bromeliads transplanted to roadsides experienced significantly higher leaf area loss (mean = 16.4 cm, $P < .05$), but somewhat higher root growth (mean = 174 cm), although values were not statistically significant. In general, plants transplanted to tree stems grew significantly more than those transplanted to forest floor sites ($P < 0.01$). Bromeliads transplanted to the forest floor, simulating hurricane blowdown effects, significantly increased total C and N concentrations in the soil beneath them. Exchangeable soil P concentrations were significantly higher under control bromeliads in relation to surrounding soil, yet had not achieved similar levels under transplanted bromeliads after 6 months. The results suggest that in montane tropical forests, bromeliads are able to access the resources needed for survival regardless of substrate and micro-climate.

THE RELATIONSHIP OF TREE SPECIES COMPOSITION AND BIODIVERSITY TO BIOGEOCHEMICAL CYCLES IN RESTORED TROPICAL MOIST FOREST

Lara M. Kueppers, W.L. Silver, A.E. Lugo, and H.A. Mooney
Ecosystem Ecologist, Ecologist

We examined the effects of tree species richness and species composition on indices of nutrient cycling in a 60-year-old restored tropical moist forest in the Luquillo Experimental Forest (LEF). Soil and forest nutrients, bulk density, and soil carbon content were measured in twenty-five 0.04-ha plots along a diversity gradient ranging from 4 to 16 species, with similar slope, aspect, tree density, and total basal area. Within a subset of 15 plots along the same diversity gradient, we estimated potential nitrogen mineralization and nitrification rates. We also estimated phosphorous retranslocation by *Tabebuia heterophylla*, a dominant canopy tree, in nine plots. We used linear regression analyses to examine relationships between species richness, species composition, and several structural variables, as well as nutrient pools, nitrogen fluxes, and estimates of retranslocation.

Results showed no correlation of species richness with most of our indices of nutrient cycling. However, the abundance of certain

species and genera, and of exotic tree species was significantly correlated with nutrient pools and transformations. The basal area of the native tree *Calophyllum antillanum* was inversely correlated with both surface soil (0-10 cm) and subsurface soil (10-35 cm) phosphorous pools (fig. 1). The C:N ratio of forest floor material increased significantly with the basal area of exotic species ($p < .01$, $r^2 = .52$). Potential nitrogen mineralization rates were found to be inversely correlated with the basal area of *Inga* species, which are suspected nitrogen-fixing trees ($p < 0.001$, $r^2 = 0.93$).

Phosphorous retranslocation by *T. heterophylla* does show a nonlinear relationship with species richness. Using a post-hoc ANOVA we found significant differences between low, intermediate, and high diversity plots, with those of intermediate diversity (7 to 11 spp.) having higher rates of retranslocation than either low (4 to 6 spp.) or high (12 to 16 spp.) diversity plots.

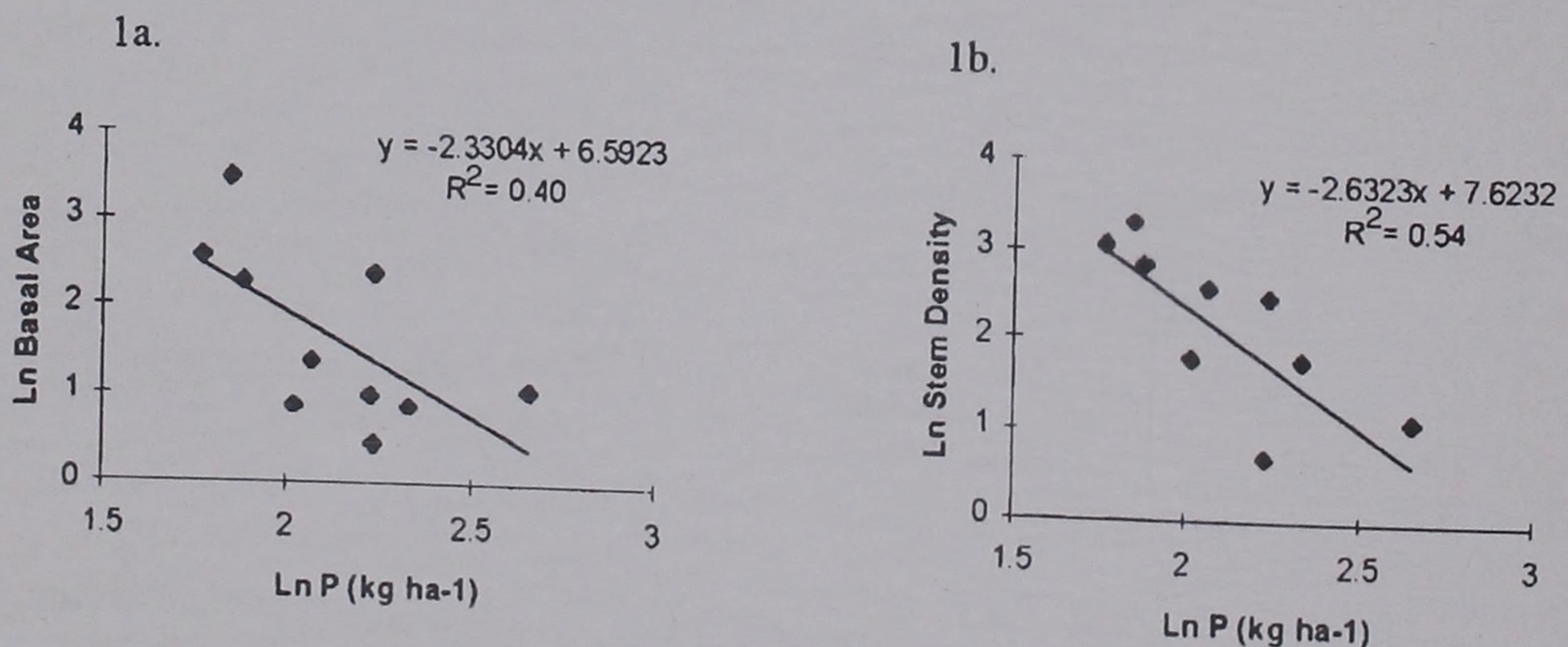


Figure 1. —Number of species of trees and vines with ripe fruit on three phenology trails in the Luquillo Experimental Forest (a plant species is defined as having ripe fruit when 10 percent or more of the fruit crop is ripe).

A. Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry
(Numbers indicate reprints available for distribution).
(Publicaciones recientes del Instituto de Dasonomía Tropical Forestal
(Números indican disponibilidad de separatas para distribución).

- Beaumont, P.M.; Walker, R.T. 1996. Land degradation and property regimes. *Ecological Economics*. 18(1): 55-66.
- Civco, D.L.; García, A.R.; Warner, G.S. 1995. Key steps to effective watershed characterization. *GIS World*. 8(2): 62-67.
- Dial, R.; Roughgarden, J. 1994. Notes on the absolute abundance of canopy anoles, *Anolis cuvieri*, *A. stratulus*, and *A. evermanni* (Lacertilia: Polychridae) in the Luquillo Forest, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*. 30(3-4): 278-279.
- Dial, R.; Roughgarden, J. 1995. Experimental removal of insectivores from rain forest canopy: direct and indirect effects. *Ecology*. 76(6): 1821-1834.
- Dial, R.; Tobin, S.C. 1994. Description of arborist methods for forest canopy access and movement. *Selbyana*. 15(2): 24-37.
- Domínguez, C.M. 1996. Aspectos históricos de la reforestación en las plazas públicas de Puerto Rico. *Creditopico Newsletter* (VAPR Federal Credit Union, San Juan, Puerto Rico). 5(17): 4.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J. 1995. Survival rates of Puerto Rican birds: are islands really that different? *The Auk*. 112(2): 503-507.
- Fetcher, N.; Haines, B.L.; Cordero, R.A.; Lodge, D.J.; Walker, L.R.; Fernández, D.S. 1996. Responses of tropical plants to nutrients and light on a landslide in Puerto Rico. *Journal of Ecology*. 84: 331-341.
- Figuerola Colón, J.C., ed. 1996. The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands. Vol. 776, *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York: The Academy: 273 P.
- 001 Figuerola Colón, J.C. 1996. Phytogeographical trends, centers of high species richness and endemism, and the question of extinctions in the native flora of Puerto Rico. In: Figuerola Colón, J.C., ed. *The Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands*. Vol. 776, *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York: The Academy: 89-102.
- 002 Figuerola Colón, J.C.; Woodbury, R.O. 1996. Rare and endangered plant species of Puerto Rico and the Virgin Islands: an annotated checklist. In: Figuerola Colón, J.C., ed. *The Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands*. Vol. 776, *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York: The Academy: 65-71.

- Francis, J.K.; Alemañy, S. 1996. Little island, big trees. *American Forests* 102(1): 48-49.
- Hedger, J.; Lodge, D.J.; Dickson, G.; Gitay, H.; Laessoe, T.; Watling, R. 1995. The BMS expedition to Cuyabeno, Ecuador: an introduction. *Mycologists*. 9(4): 146-148.
- Homma, A.K.O.; Walker, R.T.; Carvalho, R.A.; Ferreira, C.A.P.; de Conto, A.J.; dos Santos, A.I.M.; Scatena, F.N. 1995. Dinamica dos sistemas agroflorestais: o caso dos agricultores nipo-brasileiros em Tome-Acu (Para). In: da Costa, J.M.M., org. Amazonia: desenvolvimento economico, desenvolvimento sustentavel e sustentabilidade de recursos naturais. Universidade Federal do Para, Nucleo de Meio Ambiente, Serie 8. Belem, Brazil: Universidade Federal do Para: 37-56.
- Jones, T.H.; Torres, J.A.; Snelling, R.R.; Spande, T.F. 1996. Primary tetradecenyl amines from the ant *Monomorium floricola*. *Journal of Natural Products*. 59: 801-802.
- Jones, T.H.; Torres, J.A.; Spande, T.F.; Garrafo, H.M.; Blum, M.S.; Snelling, R.R. 1996. Chemistry of venom alkaloids in some solenopsis (*Diplorhoptrum*) species from Puerto Rico. *Journal of Chemical Ecology*. 22(7): 1221-1235.
- 003 Knowles, O.H.; Parrotta, J.A. 1995. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. *Commonwealth Forestry Review*. 74(3): 230-243.
- Latta, S.C. 1996. First report of "Brewsters Warbler" in Hispaniola. *El Pitirre*. 9(1): 2-3. (El Pitirre is the journal of the Society of Caribbean Ornithology).
- 004 Latta, S.C.; Wunderle, J.M. Jr. 1996. The composition and foraging ecology of mixed species flocks in pine forests of Hispaniola. *The Condor*. 98: 595-607.
- 005 Latta, S.C.; Wunderle, J.M. Jr.; Terranova, E.; Pagán, M. 1995. An experimental study of nest predation in a subtropical wet forest following hurricane disturbance. *Wilson Bulletin*. 107(4): 590-602.
- Lodge, D.J.; Cantrell, S. 1995. Diversity of litter agarics at Cuyabeno, Ecuador: calibrating sampling efforts in tropical rainforest. *Mycologist*. 9(4): 149-151.
- Lodge, D.J.; Cantrell, S. 1995. Fungal communities in wet tropical forests: variation in time and space. *Canadian Journal of Botany*. (Suppl. 1): S1391-1398.
- Lodge, D.J.; Laessoe, T. 1995. Host preference in *Camillea verruculospora*. *Mycologist*. 9(4): 152-153.
- Lugo, A.E., ed. 1996. Annual Letter 1992-93. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 175 p.
- Lugo, A.E., ed. 1993. *Acta Científica*. 7(1-3): 227 p. [Journal of the "Asociación de Maestros de Ciencia de Puerto Rico."]

- Lugo, A.E.; Musa, J.C. 1993. Mangroves of Laguna Joyuda. *Acta Científica*. 7(1-3): 67-90.
- Lugo, A.E. 1996. Ecosystem management requires good ecology. In: Korpilahti, E.; Mikkela, H.; Salonen, T., eds. *Caring for the forest: research in a changing world*. Congress Report, vol. 2; 1995 August 6-12; Tampere, Finland. Wien, Austria: International Union of Forest Research Organizations: 13-21.
- Lugo, A.; Oldfield, S.; Silver, W. 1994. Els conflictes de gestio I els problemes ambientals. In: *Biosfera 2: Selves tropicals*. Barcelona, Spain: Fundacio Enciclopedia Catalana: 398-402.
- Lugo, A.; Poch, R.; Porta, J.; Silver, W.; Sys, C. 1994. Sols en terra I a les capcades. In: *Biosfera 2: Selves tropicals*. Barcelona, Spain: Fundacio Enciclopedia Catalana: 341-343.
- Lugo, A.; Silver, W. 1994. El domini dels nuvols. In: *Biosfera 2: Selves tropicals*. Barcelona, Spain: Fundacio Enciclopedia Catalana: 337-340.
- Lugo, A.; Silver, W. 1994. El funcionament ecologic dels boscos nebulosos. In: *Biosfera 2: Selves tropicals*. Barcelona, Spain: Fundacio Enciclopedia Catalana: 344-353.
- Lugo, A.E. 1995. Contributions of H.T. Odum to tropical ecology. Chapter 4. In: Hall, C.A.S., ed. *Maximum power: the ideas and applications of H.T. Odum*. Niwot, Colorado: University Press of Colorado: 23-24.
- Lugo, A.E. 1995. Reminiscences of H.T. Odum with a focus on his educational techniques. In: Hall, C.A.S., ed. *Maximum power: the ideas and applications of H.T. Odum*. Niwot, Colorado: University Press of Colorado: 359.
- 006 Lugo, A.E. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications*. 5(4): 956-961.
- Lugo, A.E. 1995. Los humedades de montana. *Humedales de Puerto Rico*. 2(4): 1-7. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, División de Zona Costanera, Proyecto Protección de Humedales [Department of Natural Resources and the Environment of Puerto Rico, Coastal Zone Division, Wetlands Protection Project]. San Juan, Puerto Rico: Department of Natural Resources and the Environment.
- Lugo, A.E. 1996. Caribbean island landscapes: indicators of the effects of economic growth on the region. *Environment and Development Economics*. 1: 128-136.
- Lugo, A.E. 1996. Monitoring biodiversity at global scales. In: di Castri, F.; Younes, T., eds. *Biodiversity, science and development: towards a new partnership*. CAB International, Wallingford and International Union of Biological Sciences, Paris: 189-196.
- 007 Lugo, A.E. 1996. Ninety years of plant ecology research in Puerto Rico. In: Figueroa, J.C., ed. *The Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands*. Vol. 776, *Annals of the New York Academy of Sciences*. New York: The Academy: 73-88.

- Lugo, A.E.; Brown, S. 1996. Management of land and species richness in the tropics. Chapter 19. In: Szaro, R.C.; Johnson, D.W., eds. *Biodiversity in managed landscapes: theory and practice*. New York: Oxford University Press: 280-295.
- 008 Lugo, A.E.; Ramos, O.; Molina, S.; Scatena, F.N.; Vélez Rodríguez, L.L. 1996. A fifty-three year record of land use change in the Guanica Forest Biosphere Reserve and its vicinity. Río Piedras, Puerto Rico: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry with Fundación Puertorriqueña de Conservación, 13 p. + photographs. [Accompanying maps by Vélez Rodríguez, L.L., cited separately.]
- Medina, E.; Lugo, A.E.; Novelo, A. 1995. Contenido mineral del tejido foliar de manglar de la Laguna de Sontecomapan (Veracruz, Mexico), y su relación con la salinidad. *Biotropica*. 27(3): 317-323.
- Meyers, J.M.; Arendt, W.J.; Lindsey, G.D. 1996. Survival of radio-collared nestling Puerto Rican parrots. *Wilson Bulletin*. 108(1): 159-163.
- Murphy, P.G.; Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. In: Bulloch, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E.; eds. *Seasonally dry tropical forests*. New York: Cambridge University Press: 9-34.
- 009 Parrotta, J.A. 1995. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science*. 6: 627-636.
- Rotenberry, J.T.; Cooper, R.J.; Wunderle, J.M.; Smith, K.G. 1995. When and how are populations limited? The roles of insect outbreaks, fire, and other natural perturbations. In: Martin, T.E.; Finch, D.M., eds. *Ecology and management of neotropical migratory birds: a synthesis and review of critical issues*. New York: Oxford University Press: 55-84.
- 010 Scatena, F.N.; Walker, R.T.; Homma, A.K.O.; De Conto, A.J.; Ferreira, C.A.P.; De Amorim Carvalho, R.; Neves da Rocha, A.C.P.; Moreira dos Santos, A.I.; De Oliveira, P.M. 1996. Cropping and fallowing sequences of small farms in the "terra firme" landscape of the Brazilian Amazon: a case study from Santarem, Para. *Ecological Economics*. 18(1): 29-40.
- Serrao, E.A.S.; Nepstad, D.; Walker, R. 1996. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. *Ecological Economics*. 18(1): 3-13.
- Silver, W.; Lugo, A.E.; Poch, R. 1994. La riqueza en materia organica I la probresa en cations. In: *Biosfera 2: Selvas tropicales*. Barcelona, Spain: Fundacio Enciclopedia Catalana: 341,
- Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996. Biodiversity and biogeochemical cycles. In: Oriens, G.H.; Dirzo, R.; Cushman, J.H., comps., eds. *Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests*. Berlin: Springer-Verlang: 49-67.

Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. *Conservation Biology*. 10(1): 17-24.

Vélez Rodríguez, L.L. 1996. Land use and land cover maps series of Guanica Commonwealth Forest. Sponsored by United States Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. Six maps ranging from 1936-1989. [Accompanying text by Lugo, A.E. and others, cited separately].

Walker, R. 1996. Land use dynamics in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*. 18(1): 1-2.

Walker, R.; Homma, A.K.O. 1996. Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview. *Ecological Economics*. 18(1): 67-80.

011 Weaver, P.L. 1996. Forest productivity in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*. 32(1): 89-98.

Wunderle, J.M., Jr. 1995. The International Institute of Tropical Forestry, USFS. 1994 Annual Report Partners in Flight - Aves de las Américas. 5(1): 10-11. [Published by NFWF.]

012 Wunderle, J.M., J. 1995. Population characteristics of Black-throated Blue Warblers wintering in three sites on Puerto Rico. *The Auk*. 112(4): 931-946.

013 Wunderle, J.M., J. 1995. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: the first 18 months. *The Condor*. 97: 879-896.

Wunderle, J.M., J. 1996. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican parrot. Recommendations from a workshop on the Puerto Rican Parrot held at the International Institute of Tropical Forestry; 1995 December 6-8; Río Piedras, Puerto Rico. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry: 29 p.

Wunderle, J.M., Jr.; Wiley, J.W. 1996. Effects of hurricanes on wildlife: implications and strategies for management. In: DeGraaf, R.M.; Miller, R.I. *Conservation of Faunal Diversity in Forested Landscapes*. New York: Chapman and Hall: 253-264.

014 Yocum, C.; Lugo, A.E. 1995. The Economics of Caribbean Forestry. Proceedings of the 7th meeting of Caribbean foresters; 1994 June 13-17; Jamaica. Tech. Proc. R8-TP 23. Atlanta, GA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region, International Institute of Tropical Forestry. In cooperation with the University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico.

Zou, X.; Zucca, C.P.; Waide, R.B.; McDowell, W.H. 1995. Long-term influence of deforestation on tree species composition and litter dynamics of a tropical rain forest in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*. 78: 147-157.

B. Other publications available for distribution.
Otras publicaciones disponibles para distribución.

- 015 Acevedo-Rodríguez, P. en colaboración con Woodbury, R.O. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volume I. Forest Service Gen. Tech. Rep. SO-58. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station. 331 p.
- 016 Anderson, R.L.; Birdsey, R.A.; Barry, P.J. 1982. Incidence of damage and cull in Puerto Rico's timber resource, 1980. Res. Bull. SO-88. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station: 1-13.
- 017 Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the greater Caribbean basin. Colonial Waterbirds. 11(2): 252-262.
- 018 Arendt, W.J.; Arendt, A.I. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Monserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. Colonial Waterbirds. 11(1): 72-84.
- 019 Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Res. Note No. 2. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 020 Bauer, G.P.; Gillespie, A.J.R. 1990. Volume tables for young plantation-grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla* x *S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Res. Pap. SO-257. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.
- 021 Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Res. Pap. SO-222. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 29 p.
- 022 Birdsey, R.A.; Weaver, P.L. 1987. Forest area trends in Puerto Rico. Forest Service Res. Note SO-331. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
- 023 Birdsey, R.A.; Weaver, P.L.; Nicholls, C.F. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Res. Pap. SO-229. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 25 p.
- 024 Bokkestijn, A.; Francis, J.K. 1988. *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 025 Briscoe, C.B. 1962. Crecimiento en diámetro de los árboles en los cerros de la región caliza seca. Apuntes Forestales Tropicales IITF-12. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 2 p.
- 026 Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 2 p.

- 027 Briscoe, C.B.; Nobles, R.W. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-13. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 2 p.
- 028 Carey, E.V.; Brown, S.; Gillespie, A.J.R.; Lugo, A.E. 1994. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. *Biotropica*. 26(3): 255-265.
- 029 Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 030 Chinea, J.D.; Beymer, R.J.; Rivera, C.; Sastre, I.; Scatena, F.N. 1993. An annotated list of the flora of Bisley area, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, 1987 to 1992. Gen. Tech. Rep. SO-94. New Orleans, LA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 12 p.
- 031 Chudnoff, M.; Goytía, E. 1967. The effect of incising on drying, treatability, and bending strength of fence posts. Res. Pap. ITF-5. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 20 p.
- 032 Chudnoff, M.; Maldonado, E.D.; Goytía, E. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Res. Pap. ITF-2. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 26 p.
- 033 Crow, T.R.; Weaver, P.L. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Res. Pap. ITF-22. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 17 p.
- 034 Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 2 p.
- 035 Englerth, G.H.; Maldonado, E.D. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. [Also available in Spanish as *Apuntes Forestales Tropicales ITF-6*].
- 036 Ewel, J.J.; Whitmore, J.L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the United States Virgin Islands. Forest Service Res. Pap. ITF-18. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
- 037 Figueroa Colón, J.C.; Wadsworth, F.H.; Branham, S., eds. 1987. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference. 1986 September 22-27; San Juan, Puerto Rico. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 469 p.

- 038 Francis, J.K. 1988. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 039 Francis, J.K. 1988. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-Island-Pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-11. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 040 Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 041 Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 042 Francis, J.K. 1988. *Hernandia sonora* L. Mago, toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 3 p.
- 043 Francis, J.K. 1988. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Rhamnaceae. Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 044 Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Res. Note SO-350. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.
- 045 Francis, J.K. 1988. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo, emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 046 Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras*. L. Úcar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 047 Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Res. Note SO-358. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 8 p.
- 048 Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, Mammee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 049 Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Res. Note SO-355. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.

- 050 Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk, pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-19. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 051 Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 052 Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian Almond, Almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 053 Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 054 Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almácigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 055 Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malpighia family. SO-ITF-SM-36. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 056 Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 057 Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 058 Francis, J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-28. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 059 Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 060 Francis, J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.) Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. Cassia subfamily. SO-ITF-SM-27. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 061 Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.

- 062 Francis, J.K. 1990. *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 063 Francis, J.K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-44. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 064 Francis, J.K. 1991. *Guazuma ulmifolia* Lam. Guácima. Sterculiaceae. Chocolate family. SO-ITF-SM-47. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 065 Francis, J.K. 1991. *Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell-Arg. Cedro macho. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-45. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 3 p.
- 066 Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 067 Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 068 Francis, J.K. 1992. *Melicoccus bijugatus* Jacq. Quenepa. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-48. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 069 Francis, J.K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-53. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 10 p.
- 070 Francis, J.K. 1992. *Roystonea borinquena* O.F. Cook. Puerto Rican royal palm. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-55. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 071 Francis, J.K. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-51. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 072 Francis, J.K. 1993. *Acrocomia media* O.F. Cook. Corozo. Palmaceae. Palm family. SO-ITF-SM-68. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 073 Francis, J.K. 1993. *Alchornea latifolia* Sw. Achiotillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-60. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 5 p.

- 074 Francis, J.K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. Gramineae. Grass family. Bambusoideae. Bamboo subfamily. New Orleans, LA: SO-ITF-SM-65. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 075 Francis, J.K. 1993. *Clusia rosea* Jacq. Cupey. Clusiaceae. Clusia family. SO-ITF-SM-69. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 076 Francis, J.K. 1993. *Genipa americana* L. Jagua, genipa. Rubiaceae. Madder family. SO-ITF-SM-58. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. International Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 077 Francis, J.K. 1993. *Guaiacum officinale* L. Lignumvitae, Guayacán. Zygophyllaceae. Caltrop family. SO-ITF-SM-67. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 078 Francis, J.K. 1994. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. [Termos equivalentes em silvicultura e conservacao Português-Inglés]. Gen. Tech. Rep. SO-109. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.
- 079 Francis, J.K. 1994. *Ficus citrifolia* P. Miller Jagüey blanco. Moraceae. Mulberry family. SO-ITF-SM-75. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 080 Francis, J.K. 1994. *Inga fagifolia* (L.) Willd. Guamá. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-72. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 081 Francis, J.K. 1995. *Cordia sulcata* DC. White manjack, Moral. Boraginaceae. Borage family. SO-ITF-SM-77. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 082 Francis, J.K. 1995. Forest plantations in Puerto Rico. In: Lugo, A.E.; Lowe, C., eds. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York: 210-223.
- 083 Francis, J.K.; Bokkestijn, A. 1988. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African Mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 084 Francis, J.K.; Alemañy, S. 1994. *Juglans jamaicensis* C. DC. Nogal. Juglandaceae. Walnut family. SO-ITF-SM-73. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 4 p.

- 085 Francis, J.K.; Gillespie, A.J.R. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. *Journal of Arboriculture*. 19(6): 369-373.
- 086 Francis, J.K.; Liogier, H.A. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. Gen. Tech. Rep. SO-82. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 12 p.
- 087 Francis, J.K.; Rivera, C.; Figueroa, J. 1994. Toward a woody plant list for Antigua and Barbuda: past and present. SO-GTR-102. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 28 p.
- 088 Francis, J.K.; Rodríguez, A. 1993. Seeds of Puerto Rican trees and shrubs: second installment. Res. Note SO-374. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
- 089 Frangi, J.L.; Lugo, A.E. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotropica*. 23(4a): 324-335.
- 090 Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-54. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 091 Gillespie, A.J.R. 1994. Remote sensing for tropical forest assessment. [Evaluación de bosques tropicales utilizando la técnica telesensorial]. Proceedings of a workshop, 1991 April 8-12; San Juan, P.R. Río Piedras, P.R: París: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry and United Nations Food and Agriculture Organization. 84 p.
- 092 Homma, A.; Walker, R.T.; Scatena, F.; Conto, A.; Carvalho, R.; Ferreira, C.; Santos A. 1994. Redução dos desmatamentos na Amazônia: política agrícola ou ambiental? In: Proceedings: The 3rd International Conference on Systems Integration, August 1994. Sao Paulo, Brazil: 1-22.
- 093 Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White Mangrove. SO-ITF-SM-3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- 094 Jiménez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red Mangrove. SO-ITF-SM-2. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station. 7 p.
- 095 Jiménez, J.A.; Lugo, A.E. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Black Mangrove. SO-ITF-SM-4. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 096 Jones, S.C.; Nalepa, C.A.; McMahan, E.A.; Torres, J.A. 1995. Survey and ecological studies of the termites (Isoptera: Kalotermitidae) of Mona Island. *Florida Entomologist*. 78(2): 305-313.

- 097 Keller, M. and P.A. Matson. 1994. Biosphere-atmosphere exchange of trace gases in the tropics: evaluating the effects of land use changes. In: Prinn, R.G., ed. Global atmospheric-biospheric chemistry. Plenum Press, New York: 103-117.
- 098 Keller, M., Reiners, W.A. 1994. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Global Biogeochemical Cycles*. 8(4): 399-409.
- 099 Keller, M., Stallard, R.F. 1994. Methane emission by bubbling from Gatun Lake, Panamá. *Journal of Geophysical Research*. 99(D4): 8307-8319.
- 100 Keller, M.; Veldkamp, E.; Weitz, A.M.; Reiners, W.A. 1994. Effect of pasture age on soil trace-gas emissions from a deforested area of Costa Rica. *Nature*. 365: 244-246.
- 101 Ledig, F.T.; Whitmore, J.L. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation grown Honduras pine in Puerto Rico. Res. Pap. SO-170. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 102 Liegel, L.H. 1984. Effects of adding magnesium nitrate before dry-ashing on phosphorus in Honduras pine foliage. Res. Note. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 68(2): 219-221.
- 103 Liegel, L.H. 1984. Results of 5- to 6-year old provenance trials of *Pinus oocarpa* Schiede on eight sites in Puerto Rico. *Silvae Genetica*. 33(6): 223-230.
- 104 Liegel, L.H. 1984. Status, growth, and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. *Turrialba*. 34(3): 313-324.
- 105 Liegel, L.H. 1990. *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch. Yagrumo macho. Araliaceae. Ginseng family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H., comps., eds. *Silvics of North America*. Vol. 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC: 288-293.
- 106 Liegel, L.H.; Stead, J.W. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Laurel, Capá Prieto. Boraginaceae. Borage family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H.; comps., eds. *Silvics of North America*. Vol. 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC: 270-277
- 107 Liegel, L.H.; Venator, C.R. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 156 p.
- 108 Liegel, L.H., comp. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. Gen. Tech. Rep. SO-83. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry in cooperation with the University of Puerto Rico. 70 p.

- 109 Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.; Wadsworth, F.H. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Vol 2: Agriculture Handbook 449. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 1024 p.
- 110 Little, E.L., Jr.; Woodbury, R.O.; Wadsworth, F.H. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Res. Pap. ITF-21. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 36 p.
- 111 Lodge, D.J.; Scatena, F.N.; Asbury, C.E.; Sánchez, M.J. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. *Biotropica*. 23(4a): 336-342.
- 112 Lodge, D.J.; McDowell, W.H.; McSwiney, C.P. 1994. The importance of nutrient pulses in tropical forests. *Tree*. 9(10): 384-387.
- 113 Lugo, A.E. 1988. Forest lands in Puerto Rico and the Caribbean 500 years after their discovery by Cristoforo Colombo. IITF Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 16 p. Slide presentation with ref. and app.
- 114 Lugo, A.E. 1991. Cities in the sustainable development of tropical landscapes. *Nature and Resources*. 27(2): 27-35.
- 115 Lugo, A.E. 1991. Tropical Forestry research: past, present and future. *Journal of Forestry*. 89(3): 10-11, 22.
- 116 Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs*. 62(1): 1-41.
- 117 Lugo, A.E. 1992. More on exotic species. *Conservation Biology*. 6(1): 6.
- 118 Lugo, A.E. 1992. Tree plantation for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In: Wali Mohan K., ed. *Ecosystem Rehabilitation*. Vol. 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands: 247-255.
- 119 Lugo, A.E. 1994. Preservation of primary forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Conservation Biology*. 8(4): 1122-1131.
- 120 Lugo, A.E. 1995. Fire and wetland management. In: Cerulean, S.I.; Engstrom, R.T., eds. *Fire in Wetlands: a Management Perspective*. Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference, No. 19. 1993 November 3-6; Tallahassee, Florida: Tallahassee, Florida: Tall Timbers Research Station: 1-9.
- 121 Lugo, A.E.; Figueroa, J. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. SO-ITF-SM-I. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- 122 Lugo, A.E.; Ford, L.B., eds. 1987. Forest recreation in the Caribbean Islands. Proceedings of the 3rd meeting of Caribbean Foresters; 1986 May 19-23, Guadeloupe, F.W.I. Río

Piedras, Puerto Rico: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest. 95 p.

- 123 Lugo, A.E.; Frangi, J.L. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica*. 25(1): 73-84.
- 124 Lugo, A.E.; Scatena, F.N. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: a proposal. *Selbyana*. 13: 123-130.
- 125 Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada: A tight chain post peeler. *Apuntes Forestales Tropicales ITF-8*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 5 p.
- 126 Maldonado, E.D. 1962. Radiación solar para secar caoba en Puerto Rico. *Apuntes Forestales Tropicales ITF-14*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 5 p.
- 127 Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. *Tropical Forest Note ITF-14*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 5 p.
- 128 Nobles, R.W.; Briscoe, C.B. 1966. Height growth of mahogany seedlings. *Res. Note ITF-10*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 129 Parrotta, J.A. 1988. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. *SO-ITF-SM-7*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 130 Parrotta, J.A. 1988. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris. Tall albizi. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. *SO-ITF-SM-6*. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
- 131 Parrotta, J.A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. Sissoo. Indian Rosewood. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. *SO-ITF-SM-24*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 132 Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. *SO-ITF-SM-31*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 133 Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica*. L. Tamarindo. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. *SO-ITF-SM-30*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.

- 134 Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchi, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 135 Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, huisache. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-49. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 136 Parrotta, J.A. 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, Mother of Cocoa. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-50. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 137 Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-52. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 8 p.
- 138 Parrotta, J.A. 1993. Assisted recovery of degraded tropical lands: plantation forests and ecosystem stability. In Paoletti, M.G.; Foissner, W.; Coleman, D., eds. Soil Biota, Nutrient. 169-182.
- 139 Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, Australian pine. Casuarinaceae. Casuarina family. SO-ITF-SM-56. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 11 p.
- 140 Parrotta, J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut palm, Palma de coco. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-57. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 141 Parrotta, J.A. 1993. *Mangifera indica* L. Mango. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-63. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 142 Parrotta, J.A. 1993. *Moringa oleifera* Lam. Resedá, horseradish tree. Moringaceae. Horseradish-tree family. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 143 Parrotta, J.A. 1994. Application of ¹⁵N-enrichment methodologies to estimate nitrogen fixation in *Casuarina equisetifolia*. Canadian Journal of Forest Research. 24(2): 201-207.

- 144 Parrotta, J.A. 1994. *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. Breadfruit. Moraceae. Mulberry family. SO-ITF-SM-71. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 6 p.
- 145 Parrotta, J.A. 1994. *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, Uva de playa. Polygonaceae. Buckwheat family. SO-ITF-SM-74. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 146 Parrotta, J.A. 1994. *Thespesia populnea* (L.) Soland ex Correa. Portiatree, emajaguilla. SO-ITF-SM-76. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 147 Parrotta, J.A. 1995. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science*. 6: 627-636.
- 148 Parrotta, J.A.; Baker, D.D; Fried, M. 1994. Estimation of nitrogen fixation in *Leucaena leucocephala* using ¹⁵N-enrichment methodologies. In: Sprent, J.I.; McKey, D., eds. *Advances in Legume Systematics 5: the Nitrogen Factor*. Royal Botanic Gardens, Kew: 75-82.
- 149 Parrotta, J.A.; Chaturvedi, A.N. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, margosa. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-70. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 8 p.
- 150 Parrotta, J.A.; Francis, J.K. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpiniodeae). Legume family. SO-ITF-SM-33. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 151 Parrotta, J.A.; Francis, J.K. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma. Jácana, Bully-tree. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-62. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 152 Parrotta, J.A.; Lodge, D.J. 1991. Fine root dynamics in a subtropical wet forest following hurricane disturbance in Puerto Rico. *Biotropica*. 23(4a): 343-347.
- 153 Parsons, W.F.J.; Keller, M. 1995. Controls on nitric oxide emission from tropical pasture and rain forest soils. *Biology and Fertility of Soils*. 20: 151-156.
- 154 Reyes, G.; Brown, S.; Chapman, J.; Lugo, A.E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 15 p.
- 155 Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.) Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.

- 156 Rodríguez, C.D. 1993. *Petitia domingensis* Jacq. Capá blanco. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-66. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 5 p.
- 157 Rotenberry, J.T.; Cooper, R.J.; Wunderle J.M., Jr.; Kimberly, S.G. 1993. Incorporating effects of natural disturbances in managed ecosystems. In: Finch., D.M.; Stangel, M.; Weaver, P., eds. Status and management of neotropical migratory birds. Gen. Tech. Rep. RM-229. Fort Collins, Colorado. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Experiment Station. 103-108.
- 158 Scatena, F.N. 1995. Relative scales of time and effectiveness of watershed processes in a tropical montane rain forest of Puerto Rico. Natural and anthropogenic influences in fluvial geomorphology. Geophysical Monograph 89, Washington, DC: American Geophysical Union. 103-111.
- 159 Scatena, F.N.; Larsen, M.C. 1991. Physical aspects of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Biotropica. 23(4a): 317-323.
- 160 Schubert, T.H.; Zambrana, J. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.
- 161 Schubert, T.H.; Zambrana, J. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.
- 162 Silander, S.R.; Lugo, A.E. 1990. *Cecropia peltata* L. Yagrumo hembra, Trumpet-Tree. Moraceae. Mulberry family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H., comps., eds. Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 244-249.
- 163 Torres, J.A. 1994. Insects of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. SO-GTR-105. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 53 p.
- 164 Torres, J.A. 1994. Wood decomposition of *Cyrilla racemiflora* in a tropical montane forest. Biotropica. 26(2): 124-140.
- 165 Torres, J.A. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology. 8: 285-298.
- 166 Tosi, J.A., Jr.; Vélez-Rodríguez, L.L. 1983. Provisional ecological map of the Republic of Brazil. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station. Washington, DC: In cooperation with: Center for Energy and Environment Research, University of Puerto Rico, and United States Department of Energy. 16 p.
- 167 Venator, C.R. 1972. Effect of gibberelic acid on germinatin of low-vigor Honduras pine seeds. Forest Science. 18(4): 331.

- 168 Venator, C.R. 1976. A mutant *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedling incapable of developing normal secondary needles. Turrialba. 26(1): 98-99.
- 169 Venator, C.R.; Muñoz, J.E.; Barros, N.F. 1977. Root immersion in water: a promising method for successful bare-root planting of Honduras pine. Turrialba. 27(3): 287-291.
- 170 Venator, C.R.; Zambrana, J.A. 1975. Extraction and germination of kadam seed. Res. Note ITF-14A. Río Piedras, Puerto Rico: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 3 p.
- 171 Walker, L.R. 1994. Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico. Journal of Vegetation Science. 5: 525-532.
- 172 Walker, L.R.; Neris, L.E. 1993. Posthurricane seed rain dynamics in Puerto Rico. Biotropica. 25(4): 408-418.
- 173 Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Res. Pap. SO-190. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 24 p.
- 174 Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 175 Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 176 Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. María, Santa María. Guttiferae. Mangosteen family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H., eds. Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 172-178.
- 177 Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H., eds. Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 455-460.
- 178 Weaver, P.L. 1990. *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton. Roble blanco, White-cedar. Bignoniaceae. Bignonia family. In: Burns, R.M.; Honkala, B.H., eds. Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 778-783.
- 179 Weaver, P.L. 1991. *Buchenavia capitata* (Vahl) Eichl. Granadillo. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-43. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.

- 180 Weaver, P.L. 1992. An ecological comparison of canopy trees in the montane rain forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. *Caribbean Journal of Science*. 28(1-2): 62-69.
- 181 Weaver, P.L. 1993. *Micropholis chrysophylloides* Pierre. Caimitillo. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-59. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 8 p.
- 182 Weaver, P.L. 1993. *Tectona grandis* L.f. Teak. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-64. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry. 18 p.
- 183 Weaver, P.L. 1994. Baño de Oro Natural Area Luquillo Mountains, Puerto Rico. General Technical Report SO-111. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 55 p.
- 184 Weaver, P.L. 1994. Effects of Hurricane Hugo on trees in the Cinnamon Bay watershed, St. John, United States Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*. 30(3-4): 255-261.
- 185 Weaver, P.L.; Birdsey, R.A.; Nicholls, C.F. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. Forest Service Res. Pap. SO-244. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 27 p.
- 186 Weaver, P.L.; Francis, J.K. 1988. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
- 187 Whitmore, J.L. 1972. *Pinus merkusii* unsuitable for plantations in Puerto Rico. *Turrialba*. 22(3): 351-353.
- 188 Whitmore, J.L. 1978. Bibliography on *Eucalyptus deglupta* Bl. Res. Note ITF-17. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 18 p.
- 189 Whitmore, J.L. 1978. *Cedrela* provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Res. Note ITF-16. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 11 p.
- 190 Whitmore, J.L.; Hinojosa, G. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Res. Pap. ITF-23. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 8 p.
- 191 Whitmore, J.L.; Liegel, L.H. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Res. Pap. SO-162. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 9 p.
- 192 Wiley, J.W.; Wunderle J.M., Jr. 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. *Bird Conservation International*. 3: 319-349.

- 193 Wilson, M.H.; Kepler, C.B.; Snyder, N.F.R.; Derrickson, S.R.; Dein, F.J.; Wiley, J.W.; Wunderle, J.M., Jr.; Lugo, A.E.; Graham, D.L.; Toone, W.D. 1994. Puerto Rican Parrots and potential limitations of the metapopulation approach to species conservation. *Conservation Biology*. 8(1): 114-123.
- 194 Wisniewski, J.; Sampson, R.N. 1993. Terrestrial biospheric carbon fluxes: quantification of sinks and sources of CO². *Water, air, and soil pollution*. 70: 9-10.
- 195 Wisniewski, J.; Dixon, R.K.; Kinsman, J.D.; Sampson, R.N.; Lugo, A.E. 1993. Carbon dioxide sequestration in terrestrial ecosystems. *Climate Research*. 3: 1-5.
- 196 Woodbury, R.O.; Little, E.L., Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (U.S. Virgin Islands). Res. Pap. ITF-19. Río Piedras, P.R: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 27 p.
- 197 Wunderle, J.M., Jr. 1995. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. Gen. Tech. Rep. SO-100. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 28 p.
- 198 Wunderle, J.M., Jr. 1994. Census methods for Caribbean land birds. SO-GTR-98. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 26 p.
- 199 Wunderle, J.M., Jr.; Cortés, R.A. Carromero, W. 1992. Song characteristics and variation in a population of bananaquits on Puerto Rico. *The Condor*. 94: 680-691.
- 200 Wunderle, J.M., Jr.; Lodge, D.J.; Waide, R.B. 1992. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. *The Auk*. 109(1): 148-166.
- 201 Wunderle, J.M., Jr.; Waide, R.B. 1993. Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. *The Condor*. 95: 904-933.
- 202 Zepeda, G.; Lugo, A.E., eds. 1994. Towards sustainable forest resource management in the Caribbean: proceedings of the 6th meeting of Caribbean Foresters at Martinique, 1994 July 20-24; Martinique. San Juan, P.R: International Institute of Tropical Forestry. 55 p.
- 203 Zimmerman, J.K.; Pulliam, W.M.; Lodge, D.J.; Quiñones-Orfila, V.; Fetcher, N.; Guzmán-Grajales, S.; Parrotta, J.A.; Asbury, C.E.; Walker, L.R.; Waide, R.B. 1995. Nitrogen immobilization by decomposing woody debris and the recovery of tropical wet forest from hurricane disturbance. *Oikos*. 72: 314-322.
- 204 Zimmerman, J.K.; Everham, III, E.M.; Waide, R.B.; Lodge, D.J.; Taylor, C.M.; Brokaw, N.V.L. 1994. Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. *Journal of Ecology*. 82: 911-922.

Versión en Español

INTRODUCCIÓN

Breves apuntes sobre la historia del
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Fundado: 1939

Organización matriz: Departamento de
Agricultura de los Estados Unidos, Servicio
Forestal

Dirección Postal: USDA Forest Service, Instituto
Internacional de Dasonomía Tropical, P.O. Box
25000, San Juan, PR 00928-5000

Dirección Física: USDA Forest Service, Instituto
Internacional de Dasonomía Tropical, UPR Ex-
perimental Station Grounds, Botanical Garden,
Río Piedras, PR 00927

Teléfono: (787) 766-5335; Facsímil: (787) 766-
6302

En sus inicios se le denominó una Estación Ex-
perimental por un Acta del Congreso de los
Estados Unidos de Norteamérica (el Acta de
1928 de McSweeney-McNary para la
Investigación Forestal). Luego, en el 1939, se le
denominó la Estación Experimental para
Dasonomía Tropical, y en 1961, Instituto de
Dasonomía Tropical. Hasta el 1978 respondía a
Washington, DC cuando se le transfirió a la
Estación Experimental Forestal del Sur.
Antiguamente conocida como la Unidad de
Trabajo de Investigación SO-1152 (1978-1985),
luego pasó a ser conocida como SO-4151 (1985-
1993). El Proyecto de Ley para Fincas (Farm
Bill) 1990 le denominó el Instituto Internacional
de Dasonomía Tropical en 1993. Actualmente
responde a las oficinas de Washington, DC.

Directores pasados y el actual, a continuación:

Arthur Bevan (1939-1943)
Arthur T. Upson (1943-1951)
Henry B. Bosworth (1951-1953)
I.P. Murray (Administrador 1953-1955)
Frank H. Wadsworth (Líder del Centro de
Investigación 1949-1956, Director 1956-1978)

Ariel E. Lugo (Líder de Proyectos 1978-1992,
Director 1988-al presente)

Científicos pasados y actuales a continuación (personal actual subrayado):

W.I. Arendt, C.B. Briscoe, R.S. Boone, M.
Chudnoff, T.R. Crow, G.H. Englerth, J.K.
Francis, T.F. Geary, L. Holdridge, J. Kalina, M.
Keller, A. Krochmal, J. Parrotta, F.N. Scatena, T.
Schubert, C.R. Venator, F. Wadsworth, P.L.
Weaver, J. Wunderle, and J.L. Whitmore.

Científicos visitantes que se han quedado más de un año:

S. Brown, J.L. Frangi, H. Erickson, A. Gillespie,
E. Medina, E. Cuevas, J. McCormick, H.T.
Odum, W. Silver, y J. Torres.

Premios otorgados al Instituto a lo largo de los años:

Premio por Servicio Superior, Departamento de
Agricultura de los E.U. (1964, 1985, 1989)

El Programa del Hombre y la Biosfera de la
UNESCO nombra el Bosque Experimental de
Luquillo una Reserva Biosférica (1976)

Premio por Servicio Meritorio, Departamento
de Agricultura de los E.U., Servicio Forestal
(1979)

Premio Especial de Mérito, Agencia de
Protección Ambiental de los E.U. (1980)

Premio por Servicio Público Técnico, Estación
Experimental Forestal del Sur, Departamento de
Agricultura de los E.U., Servicio Forestal (1988)

Premio a la Unidad por Derechos Civiles,
Estación Experimental Forestal del Sur,
Departamento de Agricultura de los E.U.,
Servicio Forestal (1988)

Premio por Servicio Distinguido, Departamento de Agricultura de los E.U. (1988)

Premio "Global 500", Programa Ambiental de las Naciones Unidas (1989)

Premio Gerencial del Jefe del Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los E.U., Servicio Forestal (1989)

Científico del Año, Estación Experimental de los Bosques del Sur, Departamento de Agricultura de los E.U., Servicio Forestal (1989)

Los logros en el campo de la investigación incluyen:

Proveímos una base técnica para la planificación nacional en el uso de terreno para la isla de Puerto Rico (urbano, el cultivo, el pastoreo, otras cosechas de cobertura permanente, bosques de maderaje y bosques de protección) utilizando criterios de aplicación regional.

Luego de años de experimentos, determinamos cuáles eran las mejores especies de árboles para la reforestación de tierras degradadas en Puerto Rico, las Islas Vírgenes y países vecinos.

Perfeccionamos las prácticas para semilleros, invernaderos y sembrado para las especies de árboles más prometedoras para la reforestación y la producción de madera en la región del Caribe.

Publicamos descripciones con ilustraciones de toda la flora de árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, algunas 750 especies, la mayoría de significado regional.

Describimos las propiedades físicas y mercadeables para más de 100 de las maderas más útiles de Puerto Rico y el Caribe.

Determinamos la vida útil para postes de cercado no-tratados de 40 especies de árboles típicos de la región. Diseñamos tratamientos prácticos de preservación utilizando técnicas de remojo en frío y baños calientes y fríos para extender la vida útil de los postes hasta diez veces su vida anterior.

Recopilamos datos sobre la tasa de crecimiento de más de 100 especies de árboles nativos a las seis zonas de vida representadas en Puerto Rico y comunes a lo largo del Caribe; desde las muy húmedas hasta las secas, relativas al tamaño del árbol, la posición del dosel y otras condiciones. Esta información se recopiló como una base para el mejoramiento silvicultural de los rodales en vistas de aumentar su rendimiento.

Inauguramos y, por 20 años, hemos sostenido la investigación que rescató la cotorra puertorriqueña de una extinción casi segura. Esta ave es representativa de otras cotorras de los trópicos también en peligro de extinción.

Adaptamos un secador solar para secar madera más rápidamente bajo condiciones tropicales. Este método ha sido emulado en otros países.

Desarrollamos una especie de incisivo que hizo posible la penetración de preservativos para madera dentro de maderas relativamente impenetrables que, de no ser por ésto, serían adecuadas para postes de cercado.

Participamos en todas menos una de las sesiones de la Comisión Latinoamericana Forestal de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y hemos dirigido el Comité Regional sobre la Investigación Forestal desde sus comienzos.

Hemos editado una revista forestal técnica regional y bilingüe, "The Caribbean Forester", por los últimos 24 años y, por los últimos 10 años, el boletín informativo de la Sociedad Internacional de Silvicultores Tropicales con una distribución mundial en dos idiomas.

Hemos publicado más de 500 artículos técnicos sobre la dasonomía tropical de importancia regional.

Hemos prestado servicios de consultoría profesional, a petición, para enfocar los problemas de la dasonomía tropical en México, Costa Rica, las Islas Vírgenes Británicas, St.

Kitts, Antigua, Monserrate, Dominica, la República Dominicana, Haití, Santa Lucía, San Vicente, Grenada, Trinidad y Tobago, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Paraguay, Argentina, las Islas Vírgenes de los E.U. y Malasia.

Publicamos un análisis comparado del rendimiento en la producción de las plantaciones de bosques en las diferentes zonas de vida a lo largo del trópico.

Definimos, delineamos en mapa y publicamos las descripciones de las zonas de vida de acuerdo a Holdridge a lo largo de Puerto Rico y Brasil.

Desarrollamos una biblioteca especializada en la dasonomía tropical, posiblemente la mejor de su tipo en el hemisferio.

Participamos en estudios detallados sobre la dinámica de los ecosistemas subtropicales muy húmedos y secos y los ecosistemas bajos montanos en Puerto Rico, representativos de muchos otros bosques en el Caribe.

Analizamos la biomasa de los bosques de todo el trópico y su significado para el presupuesto del carbón global.

Completamos dos inventarios forestales de Puerto Rico, uno en la isla de San Vicente, y describimos y delineamos en mapa la vegetación de St. John, en las Islas Vírgenes de los E.U. Las técnicas que se siguieron se aplican generalmente a la región.

Tasamos los daños producidos por el huracán David a los bosques de Dominica, produciendo observaciones de importancia a lo largo de la Indias Occidentales.

Por muchos años hemos estado a cargo de la Dirección de Bosques Tropicales del Programa del Hombre y la Biosfera.

Por los últimos 12 años hemos estado determinando las tendencias anuales en las

visitas de aves migratorias provenientes de los E.U. continentales.

Por los últimos 23 años hemos co-dirigido el Grupo de Estudio Silvicultural de la Comisión de Dasonomía Norteamericana.

Hemos terminado estudios comparados sobre el rendimiento de las plantaciones de pino en Puerto Rico, Trinidad, Venezuela, Jamaica y Costa Rica.

Hemos completado y publicado una bibliografía de publicaciones editadas por un período de más de un siglo en torno a la dasonomía en Puerto Rico.

Completamos y publicamos estudios comparados sobre las aves de las Antillas.

Publicamos estudios sobre el sembrado de enriquecimiento con la caoba, mostrando resultados aplicables para toda la región.

Desarrollamos un arboreto de especies de árboles nativos y exóticos propicios para maderaje útiles para todo el trópico americano.

Desarrollamos un herbario con 400 especies de árboles nativos de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, muchos de los cuales también se encuentran en las islas vecinas del Caribe.

Desarrollamos técnicas satisfactorias para el sembrado en línea de caoba en bosques secos de Santa Cruz, representativos de muchos en otras islas del Caribe.

Llevamos a cabo un reconocimiento de las especies de árboles exóticos que se han naturalizado en Puerto Rico.

Redactamos unas descripciones silviculturales detalladas de más de 76 especies de árboles de importancia para Puerto Rico y la región del Caribe.

Recolectamos y enviamos muestras de semillas de árboles a investigadores y gerenciales en docenas de países.

INVESTIGACIONES ECOLÓGICAS

Ariel E. Lugo
Ecólogo

BIODIVERSIDAD

La creciente demanda para productos y servicios provenientes de bosques tropicales requiere de soluciones que conserven la biodiversidad a la vez que respondan a las necesidades humanas. Yo revisé (Lugo 1995) varios paradigmas de la resiliencia y fragilidad de los bosques tropicales enfocando la atención hacia el manejo de la biodiversidad. El manejo de la biodiversidad tropical se hace posible dentro del contexto de los programas de uso de terrenos que enfocan el manejo de ecosistemas. Los nuevos paradigmas ecológicos de resiliencia de bosques tropicales sostienen el manejo de ecosistemas tropicales. Ellos pueden, y/o deben, reemplazar paradigmas que destacaban la fragilidad de ecosistemas y dejaban entender que los bosques tropicales no se podían manejar. Para asumir el liderazgo en el manejo de ecosistemas tropicales, los ecólogos deberán también considerar los factores sociales, políticos y económicos que afectan la manera en que la gente se relaciona con la biota. El manejo de ecosistemas va a necesitar del uso de la tecnología para mitigar las consecuencias negativas de la práctica deficiente en el desarrollo y el uso de terrenos. A pesar de los esfuerzos por preservar los ecosistemas en la forma en que ocurren hoy día, la composición de las especies en los paisajes de bosques tropicales del futuro será diferente a la de hoy.

El cambio en el uso de terrenos en el trópico ha tenido como resultado áreas amplias de terrenos dañados y degradados donde se ha visto una reducción en la biodiversidad. Gran parte de la investigación en torno a la biodiversidad se ha enfocado hacia la dinámica de población y comunidad y raramente ha considerado los procesos del ecosistema tan íntimamente ligados. Silver y otros (1996a) presentan un bosquejo para examinar los efectos

de los cambios en la biodiversidad en el funcionamiento de ecosistemas en bosques tropicales naturales, bosques bajo manejo y éstos que han sufrido daños. Utilizando un enfoque donde se visualiza el ecosistema en su totalidad, la estructura identifica los ciclos de nutrientes claves y los procesos de flujo de energía al igual que enlaces o rutas críticas, conocidas como interfases, donde se concentran y transfieren los recursos entre lo biótico y los componentes bióticos del ecosistema (Tabla 1). Los procesos que ocurren a lo largo de estos interfases, así como los organismos o atributos que participan en los mismos, ejercen una fuerte influencia en la estructura del ecosistema. Silver y otros (1996a) utilizaron ejemplos de Puerto Rico, el sur de la China, Dominica y Nicaragua para ilustrar cómo la estructura de diversidad funcional se puede aplicar para estudiar con ojo crítico los efectos de los cambios en la biodiversidad en el funcionamiento del ecosistema, así como el éxito o fracaso relativo de estrategias de rehabilitación. Los pocos datos disponibles sugieren que la biodiversidad funcional, y no sólo la riqueza de especies, tiene importancia en el mantenimiento de la integridad de los flujos de nutrientes y energía. No obstante, una mayor riqueza de especies podría aumentar la resiliencia del ecosistema después de un disturbio si aumentara la cantidad de rutas alternas para el flujo de recursos (fig. 1). Silver y otros (1996a) sugieren maneras en que la estructura de la biodiversidad funcional se puede utilizar para diseñar investigaciones que sirvan para examinar los efectos que tienen los cambios en la biodiversidad sobre los procesos de los ecosistemas. También servirán para estudiar los efectos que estos cambios han tenido en el diseño y la evaluación del manejo de ecosistemas y los proyectos de rehabilitación de terrenos en el trópico.

Tabla 1. –Ejemplos de funciones claves en los ecosistemas tropicales, los interfases en que ocurren, los organismos o atributos que contribuyen a cada función y el mecanismo a través del cual se logran (adaptado de Silver y otros 1996b).

Interfase ecológico y su función clave	Organismo(s) responsable(s) o atributo	Mecanismos
Interfase atmosférico-terrestre		
Captura energía	Follaje	Provee superficie para capturar la luz solar.
Captura nutrientes	Follaje y epífitas	Aumenta superficie expuesta a la entrada de nutrientes atmosféricos.
	Organismos fijados de nitrógeno	Fija nitrógeno atmosférico en los tejidos.
Retención de nutrientes	Follaje, epífitas y madera	Inmoviliza los nutrientes en los tejidos y concentrado en agua almacenada y suelo arbóreo; reduce la proporción del flujo del agua.
Transferencia de nutrientes	Follaje, epífitas y madera	Cicla nutrientes a la biota terrestre en hojarasca; canaliza nutrientes en escurrido del agua por el tronco y en precipitación.
	Organismos fijadores de nitrógeno	Transfiere nitrógeno al suelo y a las plantas a través de precipitación, hojarasca y descomposición.
Interfase biótico		
Retención de energía	Tejidos de plantas vivas y muertas	Almacena energía en biomasa.
Transferencia de energía	Follaje y floema	Transfiere fotosintatos de las hojas a tejidos de la planta; transfiere productos a base de carbono a los herbívoros.
Retención de nutrientes	Tejidos de plantas vivas	Almacena nutrientes en tejidos; produce químicos secundarios para reducir la herbivoridad.
Transferencia de nutrientes	Tejidos de plantas vivas y muertas	Retraslocaliza dentro de los tejidos para minimizar la pérdida de nutrientes; produce hojarasca.

Tabla 1. (continuación)

Interfase ecológico y su función clave	Organismo(s) responsable(s) o atributo	Mecanismos
Interfase planta-suelo		
Transferencia de energía	Hojarasca	Transfiere carbono al terreno y el suelo del bosque.
Captura de nutrientes y recaptura de nutrientes y energía	Raíces y alta biomasa de raíces finas	Captura nutrientes de la lluvia, el escurrido por el tronco, la precipitación; recaptura nutrientes y carbono antes de liberar al suelo.
	Micorrizas y bacteria	Aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas aumentando la explotación de la rizoesfera; captura nutrientes antes de liberar al suelo.
Retención de nutrientes	Fijadores de nitrógeno simbióticos, raíces, y biomasa de raíces finas	Fija nitrógeno atmosférico de suelo y transfiere directamente a la raíz de la planta; reduce la proporción del flujo del agua a través del terreno; almacena materia orgánica y nutrientes en los tejidos.
Transferencia de nutrientes	Raíces finas y micorrizas; hojarasca	Transfiere nutrientes del suelo a las plantas controla el nivel de descomposición produciendo componentes secundarios; y sincroniza la mineralización de nutrientes controlando la calidad y entrada de hojarasca.
Interfase terrestre-hidrológico		
Captura de nutrientes y recaptura de y nutrientes	Raíces finas y microbios de tierra	Captura carbón y nutrientes del agua de los arroyos y de los sedimentos aluviales.
Retención de energía y nutrientes	Raíces y escombros ásperos lignosos	Almacena carbón y nutrientes en los tejidos; aumenta el drenaje; reduce la proporción de flujo de agua en la superficie y retiene hojarasca.

ECOLOGÍA DE MANGLARES

Los análisis hechos de la concentración osmótica en las hojas y el contenido total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) de la vegetación en la costa de la Laguna Sontecomapan (Veracruz, Mexico) demuestran la influencia que tiene la penetración de agua de mar y las diferencias en la captación de minerales por especies halófitas típicas (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, halófitas facultativas (*Acrostichum aureum*) y no halófitas (*Pachira aquatica*) Medina y otros 1995. En estas especies aumenta la presión osmótica de la savia de la hoja y la relación de área/peso, mientras que el área de la hoja disminuye con la salinidad del agua intersticial. El total del contenido N y P se correlaciona en todas las especies, y en las especies de manglares su contenido disminuye en esos lugares de muestreo con una alta influencia de agua marina (fig. 2). La relación K/Na es considerablemente más alta en las especies no-halófitas (*P. aquatica* 15.9; *A. aureum* 18.1 a 14.1) comparada con las especies de manglares halófitas (*R. mangle* 1.4 a 0.6; *L. racemosa* 3.3 a 1.9).

Las 33 hectáreas de manglares en la Laguna Joyuda al oeste de Puerto Rico tienen las características fisonómicas y funcionales típicas de manglares que crecen en las costas húmedas tropicales (Lugo y Musa 1993). Dos tipos de ecosistemas de manglares — bosque periferal y bosque de cuencas — predominan en la Laguna Joyuda y exhiben bastante heterogeneidad en la estructura de su vegetación. Los factores edáficos (mayormente en la salinidad del suelo), topográficos (en la elevación del suelo del bosque), e hidrológicos (el movimiento total del agua y la dirección de flujo) posiblemente sean los responsables de las variaciones en la vegetación. Las dinámicas de la hojarasca se caracterizan por el movimiento rápido de materia orgánica (>5 movimiento/año) y nutrientes, ambos con muy poca acumulación en el suelo del bosque. Cerca de 20% de toda la hojarasca (13% de la hojarasca de *Rhizophora mangle* y 25% de la hojarasca de *Avicennia germinans*) se descompone *in situ* con el restante

exportándose hacia la laguna (fig. 3). Ocurrió más producción, descomposición y exportación de hojarasca en bosques de cuenca debido a que estos bosques tienen mayor extensión. Los bosques periferales tienen mayor flujo de producción, descomposición y exportación de hojarasca por unidad de área de ecosistema. Sin embargo, sus hojas se descomponen más lentamente que esas de los bosques de cuenca. La exportación mínima de masa de hojarasca, N, P, K y Ca de los manglares a la Laguna Joyuda es 138, 1.99, 0.06, 0.52 y 1.70 t/año, respectivamente. La exportación orgánica (0.28 g/m². día) equivale a cerca de 10% de la productividad primaria neta planctónica para la laguna. La exportación máxima posible sería equivalente a aproximadamente la mitad de la productividad primaria neta de la laguna. Los manglares parecen ser un importante impulso motriz en el metabolismo de la laguna. Almacenan grandes cantidades de nutrientes y masa en los suelos y la vegetación, y paulatinamente van liberando pequeñas fracciones de nutrientes y masa a las aguas de la laguna.

ECOLOGÍA DE BOSQUES SECOS

Cerca de la mitad de la extensión de Centroamérica y el Caribe está caracterizada por un clima de bosque tropical o subtropical seco (Murphy y Lugo 1995). Comúnmente, los bosques secos ocurren en las Islas bajas o en el lado protegido de las Islas montañosas, en las áreas costeras de bajo relieve y en el lado Pacífico (protegido) en grandes extensiones de terreno de Centroamérica con elevaciones menores de 2000 m. En estas áreas los niveles de lluvia anuales son típicamente menores de 2000 mm y varían sustancialmente de año en año. Anualmente es característico que ocurra una época seca, de menor o mayor grado, que pudiera durar hasta seis meses. Los bosques secos ocurren en una gran variedad de tipos de suelos.

Los bosques secos varían entre deciduo a siempreverde o semi-siempreverde, y varían considerablemente en la estructura y

composición (Tabla 2). Fluctúan los montes de 2 m de alto en los lugares más secos y expuestos, hasta bosques de 40 m de alto en lugares más favorables. Los ejemplos isleños tienden a incluir los bosques más pequeños y más densos. El total de la biomasa aumenta con la precipitación anual y fluctúa de <98 a 320 Mg por hectárea⁻¹ con una proporción relativamente grande bajo tierra. La productividad primaria neta anual para el suelo dominante del bosque fluctúa de <6 a 16 Mg por hectárea⁻¹. Basado en tamaños simples de 1-3 hectáreas, estos bosques contienen de 30 a 90 especies de árboles, aproximadamente la mitad de ellos en los bosques muy húmedos. La riqueza de especies en algunos grupos de animales, tales como las aves y los mamíferos, puede en algunos casos sobrepasar esa de los bosques muy húmedos (Tabla 2). El crecimiento de árboles y la productividad primaria, la producción de hojas, la hojarasca, la fenología reproductiva y otros aspectos de la función de los bosques apuntan hacia la disponibilidad de agua respondiendo a las estaciones del año.

En Centroamérica, las influencias humanas, representadas éstas en la caza y en la modificación de la cubierta vegetal, han sido factores por hasta 11,000 años. Las alteraciones agrícolas del paisaje comenzaron aproximadamente 5,000 años atrás. La tasa de extinción de animales es particularmente alta en las Islas de la región; en muchas Islas, y en algunas áreas continentales, quedan pocos, si algunos, ejemplos de ecosistemas de tierras bajas naturales. La tendencia en la población humana centroamericana es de concentrarse en climas más secos, lo que ha acelerado la tasa de degradación de los bosques secos.

No se conoce el potencial que existe para la extracción sostenida y lucrativa de productos de los bosques secos, pero basándose en unidad por área, es probable que éste sea bajo. La necesidad de desarrollar estrategias de rehabilitación y manejo para ecosistemas de bosques secos, y de proteger lo relativamente poco que queda de ejemplos inalterados, es una de alta prioridad. (Ver figuras, versión inglés).

Tabla 2. –Comparación de bosques secos y muy húmedos con respecto a las propiedades de los ecosistemas.

Propiedad del ecosistema	Extensión global en valores	
	Seco	Muy húmedo
Especie de árboles en 1-3 ha	33-90	50-200
Altura del dosel (m)	10-40	20-84
Área basal de árboles (m ² hectárea ⁻¹)	17-40	20-75
Biomasa total (Mg hectárea ⁻¹)	98-320	269-1186
Biomasa de raíces		
% del total de biomasa viva	8-50	5-33
Producción primaria		
superficie neta anual (Mg hectárea ⁻¹)		

REFERENCIAS

- Lugo, A.E. 1995. Management of tropical biodiversity. *Ecological Applications*. 5: 956-961.
- Lugo, A.E.; Musa, J.C. 1993. Mangroves of Laguna Joyuda. *Acta Científica*. 7: 67-90.
- Medina, E.; Lugo, A.E.; Novelo, A. 1995. Contenido mineral del tejido foliar de especies de manglar de la Laguna Sontecomapan (Veracruz, Mexico) y su relación con la salinidad. *Biotropica*. 27: 317-323.
- Murphy, P.G.; Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E., eds. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 9-34.
- Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996b. Biodiversity and biogeochemical cycling. En: Oriens, G.; Dirzo, R.; Cushman, J.H., eds. *Biodiversity and ecosystem process in tropical forests*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Silver, W.L.; Brown, S.; Lugo, A.E. 1996a. Effects of changes in biodiversity on ecosystem function in tropical forests. *Conservation Biology*. 10: 17-24.

PERSPECTIVA HISTÓRICA

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Historiador Forestal

Este informe, el cual cubre el período del primero de octubre de 1995 al 30 de septiembre de 1996, es desde la perspectiva histórica uno de gran significado. Por primera vez, nuestra institución científica, hoy denominada Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, posee un puesto de *Historiador Forestal*. Este significativo evento sucedió en noviembre de 1995. No obstante, aún realizo algunas tareas de mi labor anterior (Técnico de Biología).

Las labores más significativas de mi pasado puesto reflejadas en mis nuevas responsabilidades son las siguientes: dirección de dos proyectos de investigación de naturaleza forestal (Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera de Utuado y la Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía de Barranquitas) y un estudio de descomposición de maderas en el Bosque Nacional del Caribe (Bisley).

Una docena de escuelas (públicas y privadas) del país resultaron beneficiadas a través de conferencias, charlas o seminarios:

Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera - Utuado

Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía - Barranquitas

Escuela Superior María Teresa Piñero - Toa Baja

Escuela Superior Dr. Pedro Albizu Campos - Levittown

Escuela Intermedia Braulio Milán Hernández - Toa Baja

Escuela Intermedia Antonio R. Barceló - Canóvanas

Colegio La Salle - Bayamón

Colegio Calasanz - Río Piedras

Bayamón Military Academy - Bayamón

Academia del Perpetuo Socorro - Santurce

Colegio Rosa Bell - Guaynabo

Christian Private Academy - Bayamón

Las instituciones universitarias en las cuales se discutieron o presentaron temas histórico-forestales o inherentes a los bosques de Puerto Rico desde la óptica de las ciencias se circunscribieron a:

Universidad de Puerto Rico (Recinto de Río Piedras y Colegio Universitario Humacao)

Universidad Interamericana de Puerto Rico (Recintos Metropolitano y Barranquitas)

El proyecto conducente a la selección de los símbolos municipales (árbol, flor y ave) culminó exitosamente en Coamo. Las municipalidades de Orocovis, Canóvanas, Ceiba, Añasco y Gurabo se encuentran laborando en el mismo. Los pueblos de Morovis, Yabucoa y Dorado han demostrado un particular interés de unirse al proyecto.

El Proyecto 883 de la Cámara de Representantes del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, el cual pretende la selección de la ceiba, la maga y el San Pedrito, como el árbol, la flor y el ave nacional respectivamente, recibió algunas de nuestras sugerencias. Entre ellas se destaca la nueva presentación del Proyecto subdividiendo el mismo en tres partes, o sea, una por cada símbolo. El Departamento de Estado, ante la necesidad de conocer sobre la situación del Proyecto, nos solicitó un informe cronológico sobre el particular.

La inherencia para las comunidades a iniciativa de éstos estuvo representado por las siguientes actividades:

-Centro Familiar Monte de Sión, Barrio Saco de Ceiba (en coordinación con el agrónomo Roberto Rigau y los Clubs 4-H).

-Club Leonístico de Barranquitas - Asociación de Acampadores de Puerto Rico.

-Cooperativa de Ahorro y Crédito de Moca
-Auspiciada por la Administración de Fomento Cooperativo, Oficina Regional de Mayagüez.

Algunos de los resultados de la labor de investigación histórico-forestal que fueron publicados en algunas revistas son:

Acta Científica (Revista de la Asociación de los Maestros de Ciencias de Puerto Rico) con el artículo "Los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico en la Sierra de Luquillo durante los años forestales de 1880-81 al 1888-89".

-*Creditópicos* (Revista de la VAPR Federal Credit Union) con el artículo "Aspectos históricos de la reforestación en las plazas públicas de Puerto Rico".

La creación de un puesto de *Historiador Forestal* dentro del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical favoreció el mayor flujo de comunicación para con los siguientes:

Archivo Histórico Nacional (Madrid)

Archivo Histórico Nacional (Washington, DC)

Archivo y Biblioteca General de Puerto Rico

Instituto de Cultura Puertorriqueña

Universidad de Puerto Rico (Centro de Investigaciones Históricas y la Sala Puertorriqueña de la Biblioteca José M. Lázaro del Recinto de Río Piedras).

Oficina Estatal de Preservación Histórica (San Juan de Puerto Rico).

Ante la finalidad de estrechar relaciones con organizaciones en las cuales se discutan temas de naturaleza histórica (entre ellos el tema de los bosques) se efectuaron los siguientes contactos:

Asociación Puertorriqueña de Historiadores

Fundación de Conservación de Puerto Rico

Colegio de Agrónomos de Puerto Rico

American Society for Environmental History.

Por otro lado, se estrecharon las comunicaciones con la revista *History Line* (USDA Forest Service), así como el *Boletín de la Asociación Puertorriqueña de Historiadores*.

Por primera vez, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical presentó temas inherentes a la historia forestal de Puerto Rico en el Primer Adiestramiento de Interpretación del Bosque Nacional del Caribe, así como en la Conferencia Forestal de Puerto Rico. Dentro de este panorama vale destacar lo relativo a la actividad del Certamen de Ensayos Históricos que auspició el Ateneo Puertorriqueño. En dicha actividad logramos estar representados con el tema "El Bosque Nacional del Caribe 1898-1996".

La aceptación de la Editorial de la Universidad de Puerto Rico para la publicación de la obra *Panorama histórico forestal de Puerto Rico* constituye un logro significativo. La inclusión de un prefacio del Dr. Frank Wadsworth adjunto a ofrecer un realce a la obra también indica o ilustra sobre la aportación de la flora dentro del proceso histórico del país.

La celebración del Día del Árbol y la Feria Ambiental del Municipio de Humacao ya constituyen dos actividades donde año tras año la presencia del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical está reflejada. No obstante, otras actividades o investigaciones continuaron su curso: desarrollo de un conjunto de diapositivas sobre la presencia de la flora en las plazas públicas de Puerto Rico (y otro inherente a los árboles históricos o legendarios del país), la investigación histórica sobre la tenencia y uso de tierras en el Cañón de San Cristóbal (en cooperación con el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico) y el estudio de la presencia de la flora en la toponimia de los barrios de Puerto Rico.

Finalmente, el desarrollo de un estudio sobre la presencia de la ceiba en el acontecer histórico de Puerto Rico constituye el nuevo proyecto recién iniciado. Adjunto a éste, pero a

iniciativa de varios municipios (entre ellos Dorado), se realizan las gestiones iniciales para el establecimiento de varios parques sobre los árboles autóctonos de Puerto Rico.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE DASONOMÍA TROPICAL

Frank H. Wadsworth
Investigador Forestal

Los logros del Grupo de Transferencia de Tecnología fueron divididos en actividades internas y externas, las cuales serán presentadas a continuación.

Actividades Externas

Se presentó información sobre dasonomía tropical a diversos grupos dentro de la América tropical, entre ellos:

Se ofrecieron cuatro cursos formales y a nivel graduado sobre silvicultura tropical y manejo de bosques a estudiantes Latinoamericanos en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Costa Rica.

Se preparó un escrito científico que describe los resultados de una serie de experimentos realizados por el fenecido I. Hutchinson sobre aclareo de liberación. El mismo ha sido aceptado para publicación por COSUDE, Cooperación Suiza al Desarrollo, la agencia suiza de asistencia al extranjero.

Se ofreció un entrenamiento teórico y práctico en Costa Rica sobre silvicultura de bosques secundarios para agentes de extensión de toda la América tropical. El entrenamiento fue auspiciado por el Fondo Mundial de Vida Silvestre (World Wildlife Fund).

Se preparó un escrito técnico sobre los aspectos críticos de la silvicultura tropical, el cual fue presentado en un taller internacional ofrecido en Perú bajo el auspicio del Centro para la Investigación Dasonómica Internacional.

Una conferencia sobre las lecciones aprendidas en Puerto Rico durante las investigaciones dasonómicas fue presentada a un grupo de dasónomos del caribe y organizada por la Organización de Alimento y Agricultura en Dominica.

Se brindó asistencia técnica al Departamento Forestal de Dominica y al Instituto de Recursos Naturales del Caribe para poner bajo manejo sostenido un bosque de demostración en Dominica.

Se recopiló información sobre el manejo de bosques montañosos en la República Dominicana, Jamaica, Guadalupe y Trinidad. La misma fue utilizada para preparar un escrito sobre el Caribe, el cual ha sido sometido para publicación a la Organización de Alimento y Agricultura.

Luego de haber participado en un taller ofrecido en Costa Rica, se sometieron una serie de recomendaciones a la Comisión Mundial de Bosques y Desarrollo Sustentable.

Durante una reunión del Grupo en México, se presentaron recomendaciones para un programa futuro del Grupo de Estudio Silvicultural, la Organización de Alimento y Agricultura, y la Comisión Norteamericana de Dasonomía.

Actividades Locales

Un manuscrito sobre producción forestal para la América tropical, resultado de un proyecto de redacción de 11 años, fue sometido a la imprenta.

Ocho ediciones de *ISTF News*, un boletín trimestral de la Sociedad Internacional de Dasónomos Tropicales, fueron editadas para ser repartidas a cerca de 2,000 miembros. El trabajo de edición consistió en revisar todos los diarios e informes y, durante el transcurso de esta carta, extraer 178 artículos, describir 150 publicaciones y anunciar 137 reuniones y cursos.

Se sometieron recomendaciones solicitadas para diferentes proyectos, tales como un taller

propuesto por la Organización Internacional de Madera Tropical para llevarse a cabo en Bolivia, la coordinación de investigaciones en el trópico, el desarrollo de una política para concesiones de bosques, asistencia forestal técnica que sea geográficamente acertada, desarrollo dasonómico de IITO en Perú, y presentaciones al Banco Mundial y el Congreso de Dasonomía Mundial.

Se preparó el manuscrito para un libro sobre la historia de la dasonomía en Puerto Rico, el cual fue aceptado para publicación por la Universidad de Puerto Rico.

Se preparó un escrito científico sobre el crecimiento de una plantación de caoba de 59 años. El mismo fue presentado en una conferencia internacional sobre Ecología,

Recursos Genéticos y Manejo de Caoba de Hoja Grande, llevada a cabo en Puerto Rico.

Un bosquejo para el desarrollo de un currículo a nivel graduado sobre la administración del manejo de recursos naturales fue sometido a la Universidad de Puerto Rico.

Se ofrecieron recomendaciones al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico con relación a incentivos, prácticas y especies de árboles para la reforestación de las cuencas de agua.

Se sometió a la Legislatura de Puerto Rico la base técnica para un proyecto que restablecería la industria de la madera en Puerto Rico.

INVESTIGACIÓN SOBRE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Fred N. Scatena

Hidrólogo

Durante el 1996, se inició una investigación sobre el impacto que tienen las carreteras y el retiro de agua en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL). Además, continuamos con nuestro esfuerzo investigativo a largo plazo sobre el impacto y la recuperación del bosque tropical luego de haber sufrido disturbios naturales y antropogénicos. Este año marcó la publicación de la segunda Edición Especial de Biotropica sobre las Respuestas a Largo Plazo de los Ecosistemas Caribeños a Disturbios (Walker y otros 1996). Se incluyeron en esta edición 15 artículos relacionados a diferentes aspectos de las respuestas ecológicas a disturbios, incluyendo la recuperación de biomasa y reserva de nutrientes en las cuencas de Bisley (Scatena y otros 1996), la escala temporal de disturbios bajo tierra luego de la explotación forestal en las cuencas de Bisley (Silver y otros 1996), y las dinámicas de la hojarasca ribereña en las cuencas de Bisley (Vogt y otros 1996).

También se completó la primera publicación detallada sobre la influencia del microambiente sobre el crecimiento y las dinámicas de nutrientes en las especies herbáceas de las cuencas de Bisley (Arnold 1996). Esta publicación es la tesis de maestría preparada por Amy E. Arnold de la Universidad de Tennessee en Knoxville. La misma documenta claramente que las tres especies bajo estudio, *Dieffenbachia seguine*, *Ichnanthus pallens*, y *Pilea inaequalis*, son estrategias tipo r y que ocurrían en microambientes que diferían en cuanto al grado de humedad y nutrientes del suelo. El crecimiento y la biomasa de cada especie también estaba relacionada a los nutrientes del suelo y/o las condiciones de luz.

Otra tesis de maestría, de Robert Kent de la Universidad de Florida (Kent 1996), trataba sobre la sobrevivencia de plántulas y la vegetación colonizadora en terrenos anegadizos

o humedales que recibían desperdicios de cerdos. El estudio se llevó a cabo en una finca privada cerca de la estación de Sabana. Los resultados de la investigación apoyan la teoría de que la diversidad es menor cuando se le añaden nutrientes a los sistemas, al compararse con sistemas que tienen un ciclo interno de nutrientes bien cerrado. En los humedales de Kent, los tratamientos fertilizados se llenaron en la mitad del tiempo que tardaron en llenarse los terrenos de agua clara. La diversidad de la vegetación alcanzó el máximo poco antes de cerrarse el dosel tanto en el terreno de tratamiento, como en el de control.

El Instituto tuvo la suerte de tener a Lydia P. Olander durante un año investigando los efectos de la construcción de carreteras sobre la composición y sucesión en el bosque nublado del BEL. Este estudio comparó la vegetación, propiedades del suelo, y el microclima de terrenos que anteriormente habían sido caminos. Se estudiaron estas áreas de rellenos de 6 meses, relleno de 35 años y el bosque maduro. Luego de 35 años de sucesión natural, las áreas del relleno de 35 años tenían solamente 2 por ciento de la biomasa del bosque maduro adyacente. Más aún, las especies dominantes del bosque maduro no se encontraban presentes en estas áreas, las cuales han tenido las tasas de acumulación de biomasa más lentas que se han observado en el BEL. Sin embargo, aunque estos bosques tardan mucho en recuperarse, aparentan tener una alta resistencia a la invasión de gramas exóticas.

Nuestro conocimiento acerca de la hidrología del BEL aumentó significativamente durante este año gracias a nuestra continua colaboración con la Universidad Autónoma de Holanda. Uno de los primeros informes que se completaron bajo esta colaboración ilustraba la importancia de los procesos de generación de corrientes de agua luego de lluvias y enfatizó

la importancia del flujo de agua subterránea poco profunda (Van Hogeand 1996). Otros estudios hechos por el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical sobre el retiro de agua y las aguas residuales de las plantas de tratamiento de los alcantarillados han comenzado a indicar las complejas interacciones que se dan dentro de los ecosistemas acuáticos del BEL (fig. 1). Lamentablemente, muchos de los estresores que afectan los riachuelos de Luquillo también están afectando los ecosistemas acuáticos en toda América Latina y el Caribe (Pringle y otros 1996.) Un estudio reciente hecho por (Benstead y otros, en preparación) indica que la toma de agua puede embarcar hasta el 70 por ciento de las larvas de camarones que abandonan el BEL antes de alcanzar las áreas de criaderos estuarinos. No obstante, el estudio también muestra que, debido a que la salida de larvas ocurre luego de patrones diurnos y estacionales bien definidos, los impactos de estas entradas pueden reducirse significativamente si se ajusta el retiro de agua al ciclo de vida de los organismos. (Ver figura, versión inglés).

LITERATURA CITADA

Arnold, A.E. 1996. Influence of Microenvironment of Growth and Nutrient Dynamics of there Herbaceous species in the Bisley Experimental Watersheds of Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Thesis, Master of Science. The University of Tennessee, Knoxville. 134 p.

Benstead J.P.; March, J.G.; Pringle, C.M.; Scatena, F.N. Developing new management strategies for tropical streams: modeling options to mitigate effects of water abstractions on migratory biota. Manuscrito en preparación.

Kent R. 1996. Seedling survival and colonizing vegetation in wetland plots receiving pig wastes in Puerto Rico: including a

survey of other wetlands receiving eutrophic waters. Gainesville: University of Florida, Dept. of Environmental Engineering Science. M.S. thesis. 318 p.

Pringle C.M.L.; Scatena, F.N. 1996. Factors affecting aquatic ecosystem deterioration in Latin America and the Caribbean with emphasis on Costa Rica and Puerto Rico. En: U. Hatch, U.; Swisher, M.E., eds. Tropical managed ecosystems: new perspective on sustainability. Oxford University Press.

Scatena F.N.; Moya, S.; Estrada, C.; Chinea, J.D. 1996. The first five years in the reorganization of aboveground biomass and nutrient use following Hurricane Hugo in the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica Special Issue. 28(4a): 424-440.

Silver W.L.; Scatena, F.N.; Johnson, A.H.; Siccama, T.G.; Watt, F. 1996. At what temporal scales does disturbance affect belowground nutrient pools? Biotropica Special Issue. 28(4a): 441-457.

Van Hogeand, R.J.P. 1996. The use of chemical tracers in identifying stormflow generating processes in a small catchment in the Luquillo mountains, Puerto Rico. Puerto Rico Working Paper No. 1. Free University of Holland. 63 p.

Vogt K.A.; Vogt, D.J.; Boon, P.; Covich, A.; Scatena, F.N.; Asbjornsen, H.; O'Hara, J.L.; Pérez, J.; Siccama, T.G.; Bloomfield, J.; Ranciato, J.F. 1996. Litter dynamics along stream, riparian, and upslope areas following Hurricane Hugo, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica Special Issue. 28(4a): 458-470.

Walker L.R.; Silver, W.L.; Willig, M.R.; Zimmerman, J.K. 1996. Biotropica Special Issue: Long Term Response of Caribbean Ecosystems to Disturbance. 28(4a): 414-614.

PLANTACIONES DE MANEJO FORESTAL E INVESTIGACIÓN DE REHABILITACIÓN COMO CATALIZADORES PARA LA SUCESIÓN NATURAL FORESTAL

John A. Parrotta
Investigador Forestal

Durante este periodo, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) dirigió un proyecto de investigación internacional sobre el efecto catalítico de plantaciones forestales en la regeneración de ecosistemas nativos de los bosques tropicales localizados en terrenos tropicales deforestados y degradados. Este esfuerzo colaborativo de investigación fue financiado por el Banco Mundial, el Servicio Forestal Federal, el Centro para Investigación de Dasonomía Internacional, y la Administración para el Desarrollo Extranjero. El proyecto incluyó científicos de nueve países y trabajo de campo en Costa Rica, Brazil, Congo, Malawi, Africa del Sur, Australia y Hawai. Los estudios de campo examinaron una serie de hipótesis relacionadas a la influencia que tiene el diseño, localización, edad,

condiciones del territorio y vida silvestre de la plantación forestal sobre la regeneración sotobosque de la biodiversidad forestal nativa. Los resultados sirvieron de guía en las intervenciones silviculturales para maximizar la rehabilitación y restauración de ecosistemas forestales en terrenos tropicales que han sufrido disturbios. En junio de 1996 se llevó a cabo un simposio/taller internacional de 4 días en Washington DC, bajo el auspicio de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Dasonómica, El Servicio Forestal Federal y el Banco Mundial. El tema del mismo era "Acelerando la Regeneración de Bosques Nativos en Tierras Tropicales Degradadas". Los trabajos presentados en esta conferencia serán publicados en 1997 en una edición especial de la revista "*Forest Ecology and Management*".

INVESTIGACIONES FORESTALES

John K. Francis
Investigador Forestal

INTRODUCCIÓN

El bosque húmedo subtropical (áreas forestadas o anteriormente forestadas que reciben entre 1000 y 2000 mm de precipitación promedio anual, Holdridge 1967) abarca aproximadamente el 60 por ciento de Puerto Rico. Debido a que era propicio al cultivo, probablemente 95 por ciento del área fue deforestada durante los últimos 2 ó 3 siglos para utilizar en alguna forma de agricultura. Casi toda el área restante fue talada selectivamente para especies escogidas como *Dacryodes excelsa*, *Manilkara bidentata*, *Prunus occidentalis*, *Cedrela odorata*, *Juglans jamaicensis*, *Ocotea moschata*, y *Zanthoxylum flavum*, luego utilizado para pastoreo, y después para la cosecha de leña. Consecuentemente, la composición del bosque prístino no se conoce por completo. Con miras a construir una imagen del bosque primario que existía en el pasado, que sirva como ayuda en las investigaciones de restauración de ecosistemas, un número de remanentes perturbados del bosque primario fueron ubicados e inventoriados con el propósito de determinar las especies presentes y estructura del rodal. Se incluyeron treinta y seis remanentes de rodales a lo largo de varios subtipos de bosque húmedo en el estudio, también fueron pareados con rodales de bosque secundario (que en algún tiempo habían sido cultivados). Los resultados se están analizando y se reportarán más tarde.

Durante el curso del inventario y análisis, los varios subtipos dentro del bosque húmedo se hicieron obvios. Algunos de éstos habían sido descrito brevemente por Little y Wadsworth (1964). Estoy proponiendo una clasificación mas abarcadora.

SUBTIPOS DE BOSQUE HÚMEDO

Tipo 1. La transición a bosque muy húmedo sobre roca no-calcáreas está o estuvo dominada por *Dacryodes excelsa* con los asociados

importantes *Buchenavia tetraphylla*, *Manilkara bidentata*, *Sloanea berteriana*, y *Byrsonima spicata*. Actualmente *Syzygium jambos* es muy prominente en los medio- y subestratos. Este tipo, realmente una extensión del tipo tabonuco del bosque muy húmedo, es muy rico en helechos y epífitas. Los remanentes son muy raros en la zona de bosque húmedo.

Tipo 2. La transición a bosque seco (excluyendo serpentina) está dominada por *Bucida buceras* (úcar). Su asociado principal es *Bursera simaruba*. Las perturbaciones principales en el pasado han sido la desforestación para mejorar pastizaje, el pastoreo, la cosecha de leña y el fuego. Los subtipos incluyen bosques deúcar en los vertientes sureños de la Cordillera Central (que se extienden a lo largo del bosque seco), ciertas áreas de la región de caliza húmeda y probablemente las arenas de la costa norte (no se conoce ningún remanente). Este tipo es rico en arbustos y bejucos pero sostiene pocos helechos.

Tipo 3. Los bosques de áreas de lluvia mediana sobre rocas no-calcáreas una vez fueron extensos a lo largo de la zona central de Puerto Rico. Pocos rodales remanentes quedan y todos de poca extensión. Yo puedo identificar 3 subtipos; posiblemente otros existieron alguna vez. Un subtipo de cerros y montañas está dominado por *M. bidentata* y *Buchenavia tetraphylla*. Otro subtipo se encontraba en una banda por la Cordillera Central, particularmente en las vertientes altas sureñas. Se desconocen los árboles dominantes en los rodales originales de este subtipo pero ciertamente contenían alguna combinación de *B. tetraphylla*, *Prunus occidentalis*, *Cedrela odorata*, *M. valanzuelana*, *Sideroxylon portoricensis* y *Cordia alliodora*. Un tercer subtipo ocupa suelos aluviales a lo largo de ríos y en el llano de la costa norteña aparentemente fue dominado por

M. bidentata, *Hura crepitans*, *B. tetraphylla*, y *Ceiba pentandra*. Solamente un rodal queda en existencia que sepa el autor; éste tiene aproximadamente 2 hectareas y se ubica en una arcilla negra costal.

Tipo 4. Los bosques en las cumbres de los mogotes están notablemente preservados. Debido a que poco o ningún suelo mineral está presente en las cumbres de los cerros de caliza, la desforestación agrícola pocas veces se intentó aunque árboles entre pequeño a mediano se cosecharon para leña y carbón vegetal y luego el pastoreo de animales domésticos sueltos tuvo lugar. La roca es porosa y excesivamente bien drenada con una capa de 10 a 20 cm de materia orgánica en su superficie. Los rodales están dominados por *Sideroxylon salicifolium*, *Coccoloba* spp., *Ficus* spp., y *Clusia rosea*. Dada la dificultad del ambiente la diversidad de especies es notablemente alta. Cada rodal individual es relativamente pequeño (1/8 a 1/4 ha), pero el total de rodales probablemente llega a varios cientos.

Tipo 5. El bosque en las laderas de los cerros y valles en el área caliza es el tipo florísticamente más rico en el bosque húmedo. Pocos rodales quedan, la mayoría de éstos en las laderas de los cerros. Todos han ido deteriorándose en cierto grado debido a la cosecha de trozas y leña, el pastoreo y los intentos infructuosos de cultivar café y otras hortalizas. El tipo está bien representado en las especies de árboles, arbustos, bejucos, herbáceas, helechos y gramineas. El dosel dominante puede incluir *M. bidentata*, *Sideroxylon borinquena*, *Bucida buceras*, *Coccoloba pubescens*, *Sapium lauroceracius*, *Hyeronima clusioides*, *Calophyllum calaba* y *Cinnamomum elongatum*.

Tipo 6. Los bosques de áreas de serpentina son de extensión limitada en el bosque húmedo, pero con bastante distintivo florístico. Debido

a la pobreza de los suelos, tanto química como físicamente, la vegetación es de poca estatura. Sin embargo, la diversidad de especies es mucha y demuestra un número más alto de especies endémicas que otros tipos de bosques húmedos. Se puede trazar una secuencia de un extremo de baja lluvia para el tipo (en Bosque Susúa) hasta la lluvia más alta del tipo bosque húmedo (en Bosque Maricao). El bosque en el extremo de lluvia más baja está dominado por *Byrsonima lucida*, *Clusia rosea*, *Pimenta racemosa*, y otros. Al otro extremo, los dominantes son variables, dependiendo de la calidad del suelo y pueden incluir *M. valanzuelana*, *B. tetraphylla*, *C. rosea*, *P. racemosa*, *Tetegastris balsamifera*, y *Ocotea* spp.

Los pantanos salinos y de agua dulce no se incluyeron debido a que ya se estudiaron (Figueroa y otros 1984). Los valles por la costa norte con suelos oxisoles pudieron haber sostenido algún tipo original pero no se le conoce ningún remanente.

LITERATURA CITADA

- Figueroa, J.C.; Totti, L.; Lugo, A.E.; Woodbury, Roy O. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper SO-202. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Little, E.L., Jr.; Wadsworth, F.H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agr. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 548 p.

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Joseph M. Wunderle, Jr.
Biólogo de Vida Silvestre

Durante el año fiscal de 1996 auspiciamos un taller de tres días sobre la Cotorra Puertorriqueña con el propósito de resumir el conocimiento actual sobre la Cotorra y proveer recomendaciones para los esfuerzos dirigidos a su recuperación. También visitamos a la República Dominicana en enero de 1996 para localizar las aves migratorias ya anilladas que regresasen a las plantaciones de café de sombra que usamos en nuestro estudio de aves canoras migratorias en las pasadas tres temporadas invernales. Además, hemos vuelto a iniciar un estudio de fenología de plantas con frutos y semillas consumidos primordialmente por la Cotorra Puertorriqueña, basado en un estudio completado recientemente que se resume a continuación.

FENOLOGÍA DE FRUTAS ANTES Y DESPUÉS DE UN HURACÁN: IMPLICACIONES POTENCIALES PARA LA COTORRA DE PUERTO RICO

La fenología de las frutas de 25 especies de plantas consumidas o potencialmente consumidas por la Cotorra Puertorriqueña (*Amazona vittata*) fueron estudiadas para documentar la variación anual y de temporada en la producción de frutas en el Bosque Experimental de Luquillo. En los 33 meses previos al huracán Hugo, un ciclo anual en el número de especies con frutas maduras se hizo evidente con un máximo entre octubre y febrero, y una suma que incluía los meses de junio y julio (fig. 1). Alrededor de la mitad de las especies mostraron este ciclo anual de frutación. Sin embargo, se encontró una variación anual en los ciclos de la Palma de Sierra (*Prestoea montana*), una importante fuente de alimentación para la Cotorra, en donde la producción más alta de frutas puede ocurrir en años alternos. Se encontró una producción de frutas irregular y no cíclica en las restantes especies, variando anualmente de pocas veces

a frecuentemente. Por ejemplo, *Dacryodes excelsa* se encontraba disponible todo el año en algunas ocasiones, mientras que *Inga laurina* tenía frutas sólo en ocasiones limitadas. La producción de frutas alcanzó su nivel más bajo en octubre de 1989, justo luego del huracán Hugo, donde sólo una especie tuvo frutas maduras. El número de especies con frutas aumentó paulatinamente, pero el patrón cíclico de producción de frutas, evidente antes del huracán Hugo, desapareció durante los subsiguientes 27 meses restantes del estudio. Este patrón no cíclico se le atribuyó principalmente a esas especies con un ciclo de frutación anual donde este ciclo se suprimió o salió de ritmo luego del huracán.

Estos resultados indican que la Cotorra Puertorriqueña en las montañas de Luquillo se enfrenta a considerables variaciones anuales y temporales en la fenología de frutas antes del huracán, y a una considerable pérdida de frutos luego del paso del mismo; seguida por una recuperación que envuelve cambios en la fenología de las especies de plantas y de la comunidad en general. Antes del huracán Hugo, el anidaje de las cotorras se inició en momentos en que un número relativamente grande de plantas tenían frutas maduras, mientras que la etapa de volantones en los pichones llegó cuando relativamente pocas especies de plantas tenían frutas maduras. Luego del huracán Hugo, el anidaje de las Cotorras en 1990 fue postergado (fecha media de iniciación de camada = 19 de abril) en comparación a tres años anteriores al huracán (fecha media = 29 de febrero). Sin embargo, para el 1991, la segunda temporada de anidaje luego del huracán, la fecha de iniciación de camada había prácticamente regresado a las fechas típicas previas al huracán (fecha media = 12 de marzo). Estas observaciones sugieren que los cambios en la fenología de frutas pueden afectar el tiempo de iniciación de las

temporadas reproductivas en la Cotorra. Como resultado de estos hallazgos hemos iniciado el estudio fenológico, pero nos hemos enfocado en aquellas especies de las que podemos obtener una muestra numérica adecuada. Este trabajo está diseñado para ayudarnos a entender la sincronización de la iniciación del anidaje y a la misma vez entender los movimientos de la Cotorra.

PROYECTOS ADICIONALES

Durante el año fiscal 1996 resumí los resultados del Taller de la Cotorra de Puerto Rico (Wunderle 1996a) y publiqué seis trabajos científicos. Además, un científico cooperador publicó una nota breve (Latta 1996), mientras que otra completó su tesis (Pagán 1995). Mis publicaciones incluyen un resumen de estudios previos de aves migratorias neotropicales llevados a cabo en el Instituto (Wunderle 1995b). Uno de esos estudios que apareció en este período envuelve un estudio de la Reinita Azul (*Dendroica caerulescens*) invernando en tres sitios en Puerto Rico, donde se encontraron diferencias notables en el comportamiento y ecología de esta ave migratoria (Wunderle 1995c). Latta y otros (1995) publicó un estudio experimental de depredación de nidos en el Bosque de Luquillo, en donde comparamos la tasa de depredación cerca de la carretera y en el interior del bosque. Además, este estudio identificó algunas de las características vegetativas que pueden estar relacionados con altos índices de depredación. La reacción de las poblaciones de aves del bosque de Tabonuco en El Verde fue estudiado por un período de 18 meses luego del huracán Hugo (Wunderle 1995d). El efecto general de los huracanes en las aves migratorias en las áreas de invernación se resumió en un capítulo de un libro (Rotenberry y otros 1995) sobre aves migratorias neotropicales. Además, describimos los efectos de los huracanes en la vida silvestre e identificamos algunos de los potenciales esquemas de manejo que pueden considerarse para aminorar los efectos de estas tormentas en especies amenazadas o en peligro de extinción (Wunderle y Wiley 1996).

Finalmente, Latta y Wunderle (1996) resumieron la composición y ecología de forrajeo de bandadas de especies mixtas que fueron observadas en los bosques de pinos en la Cordillera Central de la República Dominicana. Este estudio ilustra cómo las aves migratorias se integran en las comunidades de aves locales en las áreas de invernación. (Ver figura, versión inglés).

LITERATURA CITADA

- Latta, S.C. 1996. First report of Brewster's Warbler in Hispaniola. *El Pitirre*. 9:2.
- Latta, S.C.; Wunderle, J.M.; Terranova, E.; Pagán, M. 1995. An experimental study of nest predation in a subtropical wet forest following hurricane disturbance. *Wilson Bulletin*. 107: 590-602.
- Latta, S.C.; Wunderle, J.M. 1996. The composition and foraging ecology of mixed-species flocks in pine forests of Hispaniola. *Condor*. 98: 595-607.
- Pagán, M. 1995. Avian distribution and abundance in relation to habitat variation along an elevation gradient in the Luquillo Mountains, PR. Tesis de Maestría, UPR, Río Piedras.
- Rotenberry, J.T.; Cooper, R.J.; Wunderle, J.M.; Smith, K.S. 1995. When and how are populations limited: the roles of insect outbreaks, fires, and other natural disturbances. En: Martin, T.E.; Finch, D.M., eds. *Ecology and management of neotropical birds: a synthesis and review of critical issues*. New York, NY: Oxford University Press. 489 pp.
- Wunderle, J.M., ed. 1995a. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican Parrot. Acta de sesiones para un taller de 3 días, IITF, Río Piedras, PR.
- Wunderle, J.M. 1995b. Migrant studies at the International Institute of Tropical Forestry. *Partners in Flight*. 5(1): 10-11.

Wunderle, J.M. 1995c. Population characteristics of Black-throated Blue Warblers wintering in three sites on Puerto Rico. *Auk*. 112: 931-946.

Wunderle, J.M. 1995d. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: the first 18 months. *Condor*. 97: 879-896.

Wunderle, J.M.; Wiley, J.W. 1996. Effects of hurricanes on wildlife: implications and strategies for management. En: R.M. Degraaf, R.M.; Miller, R.I., eds. *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. Nueva York: Chapman Hall Publ. 253-263.

ESTUDIOS CON INSECTOS

Juan A. Torres
Ecólogo

Hemos continuado la colaboración entre la Universidad de Puerto Rico y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical para el estudio de los insectos en Puerto Rico.

Los estudios de los venenos producidos por varias especies de hormigas resultaron en la publicación de los siguientes artículos:

Jones, T.H.; Torres, J.A.; Spande, T.F.; Garrafo, H.M.; Blum, M.S.; Snelling, R.R. 1996. Chemistry of venom alkaloids in some *Solenopsis (Diplorhoptrum)* species from Puerto Rico. *Journal of Chemical Ecology*. 22:1221-1235.

Jones, T.H.; Torres, J.A.; Snelling, R.R.; Spande, T.F. 1996. Primary tetradecenyl amines from the ant *Monomorium floricola*. *Journal of Natural Products*. 59:801-802.

Además, comenzamos un trabajo sobre el efecto de la hormiga *Trachymyrmex jamaicensis* en la germinación de semillas y la distribución de nutrientes en el Bosque Seco de Guánica. Esta hormiga utiliza principalmente las frutas de los árboles del bosque para cultivar un hongo del cual se alimenta. Las semillas y, en ciertas ocasiones, frutas que parecen no aptas para el cultivo del hongo, son descartadas cerca de las

entradas de los nidos. El resultado de los análisis químicos de los nutrientes demuestra que las hormigas tienen un rol importante en la distribución de nutrientes en el bosque. Este proyecto continúa con la intención de determinar la contribución de esta hormiga en la germinación de semillas en este bosque.

Terminamos el estudio de la distribución de las hormigas en las islas y cayos que bordean a Puerto Rico encontrando que la distribución no sigue el patrón pronosticado por la teoría de biogeografía de MacArthur y Wilson (1967). El número de especies que tiende a aumentar según pasa el tiempo y la distancia desde Puerto Rico a las islas no parece ser importante al explicar los patrones de distribución. El lugar de anidación y la distribución de habitats son mejores pronosticadores de la distribución de especies en estas islas. El manuscrito "Biogeography of Puerto Rican Ants: A Non-Equilibrium Case?" discute los hallazgos de esta investigación el cual será publicado pronto en la revista *Biodiversity and Conservation*.

LITERATURA CITADA

MacArthur and Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princenton University Press, NJ.

EL DESARROLLO Y LA VALIDACIÓN DE UN MODELO DE EMISIÓN DE ISOPRENO PARA BOSQUES TROPICALES

Michael Keller

Investigador de Ciencias Físicas

y

Manuel Lerdau

*Departamento de Ecología y Evolución, Universidad del Estado de Nueva York
Stony Brook, NY, EUA*

Este informe presenta una revisión y un resumen del reciente trabajo de investigación "Development and Validation of a Model for Isoprene Emission from Tropical Forests". El trabajo se logró en cooperación con el Dr. S. Joseph Wright del Instituto Smithsonian para la Investigación Tropical, Ancon, República de Panamá.

La emisión de isopreno proveniente de las plantas es la fuente individual más grande de gas traza reducido, fotoquímicamente activo, entrando en la atmósfera. Aproximadamente 500 Tg ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{g}$) de isopreno son emitidos por las plantas anualmente, una cantidad equivalente a la emisión anual de metano. Los ecosistemas tropicales son la fuente global más grande de emisiones de isopreno. Modelos regionales sugieren que el isopreno emitido por los bosques tropicales sobrepasa la emitida por sus contrapartes templados por un factor de 10. Una vez alcanza la troposfera, el isopreno reacciona rápidamente con radicales hidroxílicos (OH), el oxidante atmosférico principal. Por lo tanto, el isopreno juega un papel importante en el mantenimiento del balance del oxidante atmosférico. La oxidación de isopreno afecta las concentraciones de tres componentes troposféricos importantes: monóxido de carbono, ozono y metano. Aproximadamente el 30 por ciento de la fuente global de monóxido de carbono es un resultado directo de la oxidación de isopreno. Cuando existen unas concentraciones altas de No_x , la oxidación de isopreno puede redundar en una notable formación de ozono.

No empece la importancia global que tienen las emisiones de isopreno provenientes de los

ecosistemas tropicales, las fluctuaciones no están bien restringidas. Los algoritmos utilizados para calcular las emisiones de isopreno en modelos globales están basadas en estudios realizados con especies de plantas templadas. Nuestra investigación de especies de bosques tropicales tiene dos fases: (1) la selección de especies de árboles y lianas comunes en el dosel del bosque en búsqueda de producción de isopreno; y, (2) la cuantificación de los efectos de la luz y la temperatura en la producción y emisión de isopreno. Esta cuantificación se logra utilizando un sistema de cubeta ambientalmente controlado. El isopreno se analiza utilizando un sistema portátil de cromatografía de gases.

La selección de especies depende de una técnica desarrollada por Lerdau y Keller (inédito). Esta técnica sencilla utiliza una bolsa polietilénica transparente para encerrar la vegetación. Se le extrae el aire de la bolsa y se analiza utilizando un detector fotoionizador sensitivo a los compuestos alkenos, tales como el isopreno. Si la investigación detecta isopreno, se confirma su presencia utilizando el sistema más específico cubeta/cromatografía. Este sistema depende de un sistema comercialmente disponible que se utiliza para medir la fotosíntesis, el LiCor 6400 (LiCor, Lincoln, Nebraska, EUA). El sistema LiCor se compone de una cámara para hojas con una fuente de luz interna y elementos para controlar la temperatura. Se conecta el sistema de fotosíntesis a un cromatógrafo de gases portátil (Photovac 10S70, Deer Park, Nueva York, EUA).

Las reacciones de las emisiones de isopreno ante la luz y la temperatura están determinadas

por las condiciones cambiantes en la cubeta. Resultados preliminares productos de un muestreo de campo y por modelaje se obtuvieron en julio y agosto del 1996. En julio, examinamos 16 especies y encontramos que 5 emitían isopreno. Se recolectaron las curvas de replicaciones de luz y temperatura para *Ficus insipida* y *Leuhea seemanii*.

Estos resultados parecen conformarse a esos previamente encontrados para bosques tropicales secos, que demuestran que las especies tropicales tienen unas tasas de emisiones bastante altas (Lerdau y Keller, inédito). Se están extrapolando los resultados a escalas regionales en colaboración con la profesora Susan Alexander y sus colegas (Alexander y otros 1996). Estudios de modelos

iniciales basados en estos datos sugieren que las emisiones de isopreno de los ecosistemas tropicales son aún mayores de lo que antes se creía (Alexander y otros 1996).

LITERATURA CITADA

- Alexander, S.E.; Potter, C.S.; Coughlan, J.C.; Klooster, S.A.; Lerdau, M.T.; Chatfield, R.B. 1996. Modeling global biogenic emission of isoprene: Exploration of model drivers. *Bulletin of the Ecological Society of America*. 77 (Suppl.):7.
- Lerdau, M.T.; Keller, M. [en imprenta]. Isoprene emission from trees in a sub-tropical dry forest. *Plant, Cell, and Environment*.

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Peter L. Weaver
Investigador Forestal

ST. JOHN, ISLAS VÍRGENES DE LOS E.U.

Se determinó la productividad primaria neta para el suelo dominante (PPN) de la cuenca hidrográfica de Cinnamon Bay, St. John, Islas Vírgenes de los E.U. (Weaver 1996a). La PPN tuvo un promedio de $10.64 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y se estimó sumando la hojarasca ($8.97 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) la tasa de herbivoría ($0.25 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), y el cambio en la biomasa del suelo dominante ($1.42 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Los herbívoros establecidos tuvieron un promedio de 4.5 por ciento de las hojas y la tasa de herbivoría se estimó a un 4.6 por ciento año^{-1} . La cosecha de hojarasca establecida fue de 9.38 t ha^{-1} , con una tasa de movimiento de 0.96 veces al año. El bosque secundario en la cuenca de Cinnamon Bay, que se encuentra recuperándose de usos agrícolas pasados, se mantiene en un estado de fluctuación debido a la mortalidad de los árboles a consecuencia de disturbios frecuentes tales como los huracanes y las épocas de sequía.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

Se completaron dos asignaciones en la época para la cual se escribieron los informes. El primero (Weaver 1996b) fue el de resumir la investigación forestal regional, su política y actividades de manejo para Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los E.U. Esta información se recopiló de información de agencias gubernamentales federales y locales, así como

de grupos ambientalistas. Se discutió la información en el Séptimo Congreso Forestal Americano que tuvo lugar en Washington, DC.

La segunda tarea fue preparar un informe en torno a la historia de la caoba en Belice (Weaver y Sabido 1996). Este informe se preparó para la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), la Institución Smithsonian en Washington, DC y la Embajada de los Estados Unidos en Belice. El informe estuvo basado en datos recopilados de varios grupos gubernamentales y privados en Belice.

LITERATURA CITADA

- Weaver, P.L. 1996a. Forest productivity in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*. 32(1):89-98.
- Weaver, P.L. 1996b. Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands region: forest research report. En: *Seventh American Forest Congress*; 1996 February 20-24; Washington, DC. 16 p.
- Weaver, P.L.; Sabido, O.A. 1996. Preliminary report on mahogany in Belize. *International Institute of Tropical Forestry*, Río Piedras, PR. 48 p. (unpublished report).

INVESTIGACIONES DE AVES A LARGO PLAZO

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA

En diciembre de 1995, se realizó un importante taller con el fin de evaluar el estatus de los esfuerzos para la recuperación de la amenazada Cotorra Puertorriqueña, y planificar futuras investigaciones y manejo de la especie (Wunderle 1996). Para el taller y el tomo de las Memorias a publicarse, analicé los datos obtenidos de mi investigación durante 17 años (Arendt, ms) sobre la Cotorra, y su principal competidor y depredador de nidos, a saber, el zorzal pardo (*Margarops fuscatus*). Demostré que el éxito reproductivo de la cotorra y del zorzal a menudo se reduce dramáticamente, debido a los efectos sinérgicos de una gran variedad de factores biológicos y controladores de población, tales como: otros zorzales, el múcaro puertorriqueño (*Otus nudipes*), la rata negra (*Rattus rattus*), la abeja (*Apis mellifera ligustica* y *A. m. scutellata*) y la mosca parasítica (*Philornis* sp.). La tasa de depredación y de competencia por lugares de anidaje demostraron una variación significativa entre los años y entre los meses (figs. 1 y 2), aumentando notablemente luego de los grandes disturbios al hábitat (fig. 3). Los principales depredadores del zorzal y de la Cotorra (múcaros, ratas y otros zorzales) han desarrollado una estrategia de adaptación que consiste en tomar su presa durante el período crítico antes de que muera como resultado del ectoparasitismo de la mosca *Philornis*. Los casos de depredación (fig. 1) y la toma de posesión de las cavidades (fig. 4) han aumentado durante los pasados 17 años, y están altamente correlacionados con la temporada reproductiva del depredador, del competidor y del parásito, los cuales al combinarse, abarcan prácticamente toda la temporada reproductiva de la cotorra (figs. 5 y 6). La amplitud y extensión de los hábitos parasíticos y depredadores de los cinco principales factores biológicos de la Cotorra

Puertorriqueña, demuestran inequívocamente que es necesario realizar una vigilancia constante y extensa de los nidos, colocar trampas (para ratas) y utilizar repelentes (contra las abejas y moscas parasíticas) en nuestro esfuerzo para la recuperación de la Cotorra. Se ofrecen recomendaciones de manejo e investigaciones adicionales necesarias, como posibles medidas para mejorar el impacto de esos organismos dañinos y tan detrimentales para el éxito reproductivo de la Cotorra de Puerto Rico (Meyers y otros 1996).

EL BOSQUE DE GUÁNICA

La población de Bienteveos (*Vireo latimeri*), una especie endémica de la Isla, ha experimentado una disminución en el bosque de Guánica durante los pasados 22 años, con una marcada disminución observada entre 1989 y 1995 (descrita en la carta anual del año pasado, y en Faaborg y otros, en imprenta). Durante nuestra investigación a largo plazo en el bosque de Guánica, hemos obtenido una información valiosa sobre la historia de vida (ej., tasas de reproducción y de dispersión natal, y longevidad), que sería útil para mejorar nuestros esfuerzos de ser necesario para el manejo de la especie (Woodworth y otros, inédito). A través de un esfuerzo a largo plazo y constante de anillaje (Faaborg y Arendt 1990), en conjunto con un estudio extensivo sobre la historia de vida de individuos marcados con colores (Woodworth 1995), hemos encontrado tasas de dispersión reproductiva de 12-22 por ciento. La distancia de dispersión reproductiva promedio fue de 460 m. (alcance: 130-560 m). Cuatro Bienteveos machos capturados entre 8 a 12 años luego de comenzar el estudio de anillaje, permanecieron como residentes a una distancia de 500 m. del lugar original de anillaje. La dispersión natal (desde su lugar natal hacia su primer lugar de apareamiento) entre cuatro volantes promedió una distancia media de

490 m. (alcance: 300-2,030 m). Respecto a la longevidad, un individuo sobrepasó por cuatro años la marca de longevidad previamente reportada para la especie (13 vs. 9 años). Otros tres Bienteveos igualaron las marcas de longevidad previamente reportadas. Ver figuras, versión inglés).

REFERENCIAS

- Arendt, W.J. Impact of nest predators, competitors, and ectoparasites on the reproductive success of the endangered Puerto Rican Parrot and Pearly-eyed Thrasher. Manuscript in preparation. Puerto Rican Parrot Workshop, presented at 1995; December, San Juan, PR.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J. 1990. Long-term studies of Guánica Forest birds. *Acta Científica*. 4(1-3): 69-80.
- Faaborg, J.; Arendt, W.J. 1995. Survival rates of Puerto Rican birds: Are islands really that different? *Auk*. 112: 503-507.
- Faaborg, J.; Dugger, K.; Arendt, W.J.; Woodworth, B.; Baltz, M. [in press]. Population declines in the Puerto Rican Vireo (*Vireo latimeri*). *Wilson Bulletin*.
- Woodworth, B.L.; Faaborg, J.; Arendt, W.J. [in press]. Dispersal and longevity in the Puerto Rican Vireo, *Vireo latimeri*. *Journal of Field Ornithology*.
- Meyers, J.M.; Arendt, W.J.; Lindsey, G.D. 1996. Survival of radio-collared nestling Puerto Rican Parrots. *Wilson Bulletin*. 108: 159-163.
- Woodworth, B.L. 1995. Ecology of the Puerto Rican Vireo and the Shiny Cowbird in Guánica Forest, Puerto Rico. St. Paul, MN: University of Minnesota. Ph.D. dissertation.
- Wunderle, J.M., Jr. 1996. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican Parrot. En: *Proceedings, Puerto Rican Parrot Workshop; 1995; December, San Juan, Puerto Rico*.

CONTENIDO DE OXÍGENO EN EL SUELO Y EL CICLO BIOGEOQUÍMICO A LO LARGO DE GRADIENTES TOPOGRÁFICOS Y DE ELEVACIÓN EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO, PUERTO RICO

W.L. Silver, A.E. Lugo, y M. Keller

Ecóloga de Ecosistemas, Ecólogo, Investigador de Ciencias Físicas

(Co-auspiciado por la Fundación A.W. Mellon, el Departamento de Energía Federal de los E.U. y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical)

En su clásico tratado, Richards sugirió que la aeración del suelo era un potente factor ecológico que vincula las respuestas ecofisiológicas con la diversidad de los bosques tropicales. El oxígeno es un requisito primario para los organismos aeróbicos, y las raíces que ocurren bajo condiciones pobres de oxígeno por lo general mueren, o emplean mecanismos especializados para reducir la tensión de anoxia, lo que generalmente perjudica la asimilación de carbono. Mientras que una respuesta a la anoxia a nivel de comunidad o ecosistema es de esperarse en bosques inundados, nos interesaba la posibilidad de que existieran tensores similares en tierras más altas y sin inundar encontradas en ambientes con mucha precipitación. Para poder determinar si la pobre aeración del suelo podría explicar los patrones del ciclo biogeoquímico o la estructura de las comunidades de plantas, medimos el O_2 en la rizosfera en tres bosques tropicales mojados por espacio de dos años, en la escala de paisaje, y durante tres años a lo largo de gradientes locales, en la escala local, en las Cuencas de Investigación de Bisley y el área de investigación El Verde. Seleccionamos el contenido de O_2 en el suelo como medida ecológica porque integra los efectos de los insumos de humedad atmosférica con las condiciones edáficas que experimentan las plantas, vinculando así los bosques tropicales húmedos con el clima. En ausencia de periodos de sequía o temporadas secas, resulta difícil medir la respuesta, a nivel de ecosistema o de paisaje, de la vegetación a diferentes cantidades de precipitación en los suelos de arcilla, ya que éstos tienen una alta capacidad para retener agua. Bajo tales condiciones, la humedad del suelo es ecológicamente relevante solo cuando

el consumo de oxígeno excede el transporte difusivo y causa agotamiento de oxígeno. Al volverse limitante el O_2 del suelo, la respiración aeróbica sufre tensión y varios parámetros del suelo son alterados, incluyendo el potencial de reducción-oxidación, la disponibilidad y toma de nutrientes, y la composición y actividad de las comunidades microbiales del suelo. Seguramente todos estos cambios influyen en el crecimiento y la supervivencia de las plantas.

El punto en el que las concentraciones de O_2 se vuelven limitantes varía entre especies y es tema de mucho debate. Más aún, algunas plantas pueden llevar a cabo la translocación de O_2 a lo largo del tallo hasta la rizosfera, elevando así el O_2 y el Eh a niveles tolerables. Para obtener otro indicio del potencial que existe en la rizosfera para la limitación de oxígeno, medimos las concentraciones de metano. El metano se forma únicamente bajo condiciones de reducción severas ($Eh < -0.244$ V), y se oxida rápidamente en la presencia de O_2 . La producción neta de metano en el suelo señala el dominio de los micro-sitios anaeróbicos sobre los aeróbicos, y una alta probabilidad de limitación de oxígeno a las raíces de las plantas. También se tomaron muestras de gases de las cámaras de la superficie para determinar el flujo neto de metano a través de la interfase suelo-atmósfera.

En la escala de paisaje, el O_2 del suelo disminuyó significativamente a lo largo de tipos de bosques ($P < 0.001$, Kruskal Wallis) correspondientes a un gradiente con disminución en la riqueza de especies y un aumento en la precipitación anual (Tabla 1). El O_2 del suelo siempre fluctuaba cerca de los niveles atmosféricos en el bosque mojado, el

Tabla 1. –Diversidad de especies, contenido de oxígeno del suelo (+ - 1 error estándar), y concentraciones de metano del suelo (+ - 1 error estándar) de: A) tres bosques subtropicales mojados (escala de paisaje), y B) a lo largo de gradientes topográficos dentro del bosque Tabonuco (escala local) en las montañas de Luquillo, P.R.; las letras minúsculas señalan las diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de bosque o zonas topográficas ($p<.05$, a menos de que se indique lo contrario).

A. Escala de paisaje

Zona de vida y tipo de bosque	Subtropical mojado Tabonuco: 300-600 masl*		Montano mojado bajo Colorado: 600-750 masl		Montano lluvioso bajo Nublado: 750-1050 masl	
Rainfall (mm/yr)	3500		4500		5000	
Tree species richness (ha ⁻¹)	50		40		15	
Total tree species	170		90		40	
Soil O ₂ 10 cm (%)	21	(0.03)a	13	(0.2)b	8	(0.2)c
Soil O ₂ 35 cm (%)	20	(0.03)a	13	(0.2)b	6	(0.2)c
Soil CH ₄ 10 cm (ug g ⁻¹)	4	(1.26)a	3094	(2314)b	47102	(13765)c
CH ₄ flux (mg m ⁻² day ⁻¹)	-0.48	(0.07)a	0.32	(0.24)b	96.7	(49.8)c

B. Escala local

Zona topográfica	Cresta		Pendiente		Valle ribereño	
Tree species richness	7	(0.4)a	6	(0.4)ab	4	(0.5)b
Soil O ₂ 10 cm (%)	20	(0.1)a	17	(0.3)b	12	(0.4)c
Soil O ₂ 35 cm (%)	20	(0.1)a	17	(0.4)b	9	(0.4)c
Soil CH ₄ 10 cm (ug g ⁻¹)	1.1	(0.2)a	3.5	(2.9)b	35.2	(27.3)c
Soil CH ₄ 35 cm (ug g ⁻¹)	1.4	(0.8)a	1.3	(0.7)a	6.8	(1.6)c

*masl=

cual es rico en especies, pero promediaba de 1/2 a 1/3 de las concentraciones ambientales en el bosque montano, el cual es más bajo y pobre en especies, teniendo 10 cm y 35 cm de profundidad respectivamente. En el bosque lluvioso montano, varias de las cámaras individuales registraron <1 por ciento de O₂ durante intervalos de hasta 6 semanas. La variabilidad temporal y espacial del O₂ del suelo en un bosque en particular era menor que las diferencias entre todos los tipos de bosques. Los suelos reducidos en el bosque lluvioso montano experimentaron eventos de oxigenación (quizás como resultado de la actividad de la fauna del suelo). En términos generales, las concentraciones de O₂ cayeron a niveles bajos en menos de una semana luego de ocurrir estos eventos.

Las concentraciones de metano en las cámaras del suelo estaban inversamente relacionadas a las concentraciones de O₂ ($P<0.001$; análisis de variación) con niveles particularmente altos (hasta $2.4 \times 10^5 \text{ ug g}^{-1}$) en el bosque lluvioso montuno, lo que indica un fuerte dominio de los micrositios anaeróbicos y la limitación de oxígeno sobre los organismos aeróbicos. La profundidad hasta el material paterno era generalmente menor de 50 cm en estos suelos orgánicos, lo que indica que el metano probablemente es producido *in situ* y no a profundidad. Luego de un evento de alta precipitación (105 mm en dos días) en julio 1994, medimos las concentraciones de metano que tenían un factor de 10 sobre los niveles ambientales en la zona de Tabonuco, la cual

normalmente está bien oxigenada. No se ha reportado anteriormente una producción tan rápida de metano en terrenos mojados del bosque tropical; esto puede ser el resultado de una combinación entre la disminución del transporte de gas, el aumento de la actividad de los metanógenos en los micro-sitios anaeróbicos y la represión de la actividad de los metanótrofos aeróbicos. Medimos la emisión neta de metano a la atmósfera en el suelo de los bosques Colorado y nublado. Los suelos bien oxigenados del bosque Tabonuco consumían metano de la atmósfera (tabla 1).

En la escala local, el oxígeno del suelo generalmente disminuía ($P < 0.001$; Kruskal Wallis) a lo largo de un gradiente que iba desde las cumbres de las colinas, ricas en especies y dominadas por diversas comunidades de plantas dicotiledóneas, hasta los valles ribereños de menor diversidad, dominados por palmas (tabla 1). Los suelos de los valles tenían

concentraciones de metano de aproximadamente 20 veces el nivel ambiental, lo que indica condiciones muy anóxicas. Las concentraciones de oxígeno del suelo estaban negativamente correlacionadas con el total de precipitación de las pasadas dos semanas ($P < 0.02$, correlación Pearson) en las pendientes y valles, donde se concentran las entradas hidrológicas de los sistemas de corrientes encontrados cuesta arriba y las fuentes atmosféricas. La tasa de cambio de las concentraciones de oxígeno del suelo en las zonas topográficas más bajas ocurrían a una escala que no se consideraba relevante para los bosques tropicales mojados, aunque indica una estacionalidad funcional que afecta los procesos ecofisiológicos cruciales en estos ecosistemas, los cuales generalmente son considerados faltos de estación. Las concentraciones extraíbles de P en el suelo aumentaban en terrenos que exhibían eventos bajos de O_2 , lo que probablemente está relacionado a la reducción de Fe.

¿A QUE ESCALAS TEMPORALES SON AFECTADOS LOS ACERVOS DE NUTRIENTES SUBTERRÁNEOS POR LOS DISTURBIOS?

W.L. Silver, F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, y F. Watt
Ecóloga de Ecosistemas, Hidrólogos

(Co-auspiciado por la Fundación A.W. Mellon)

Monitoreamos los efectos de la biomasa superficial en cosecha y también los efectos del huracán Hugo sobre las propiedades químicas y físicas del suelo, así como la biomasa de raíces vivas y muertas por un período de seis años en un bosque húmedo subtropical en Puerto Rico. Nuestra meta era determinar cómo los procesos subterráneos cambiaban en diferentes escalas temporales, incluyendo el periodo inmediatamente previo a la revegetación (9 semanas), el período intermedio de recrecimiento inicial (9 meses), y la reorganización a largo plazo de la vegetación y el ciclo biogeoquímico (7 años). La cosecha tuvo como resultado un aumento temporero en la disponibilidad de nutrientes intercambiables, pero el piso del bosque y los acervos de nutrientes del suelo habían regresado a sus valores pre-cosecha en un periodo de 9 semanas. Se movieron cantidades significativas de potasio (K) a través del suelo

durante este período, llegando a 29-46 kg ha⁻¹, y causando una reducción en el tamaño del acervo de K intercambiable. El huracán depositó aproximadamente 845 kg ha⁻¹ de masa del piso forestal y una cantidad considerable de nutrientes sobre las superficie del suelo y aumentó el NO₃-N del suelo y los acervos de K intercambiable pero, en todos los casos, los tamaños de los acervos habían regresado a los valores pre-huracán al cabo de 9 meses. La examinación de la data anualmente durante los 7 años reveló un aumento en los acervos de cación del suelo y una disminución significativa en el pH del suelo. No se detectó cambio alguno en la materia orgánica del suelo en ningún momento luego de los disturbios. La biomasa de raíces finas y vivas fue reducida dramáticamente como resultado del huracán y solo comenzó a mostrar señales de recuperación cerca del final de los 6 años de experimentación.

HONGOS DE LAS ANTILLAS MAYORES

D. Jean Lodge
Laboratorio de Productos Forestales
Investigadora Botánica

Este fue un año muy emocionante para el Centro de Investigación de Micología Forestal en Puerto Rico. El 1^{ro} de abril de 1996, se otorgaron 4 años de financiamiento para el programa "Basidiomicetos de las Antillas Mayores, con Énfasis Especial en el Área LTER de Luquillo". También a principios de abril, Jean Lodge presentó un escrito solicitado sobre los factores que controlan la diversidad de hongos descomponedores en los bosques tropicales húmedos en el Simposio de Biodiversidad- actividad que formaba parte de la celebración del Centenario de la Sociedad Micológica Inglesa en Londres. En la primavera de 1997, el escrito será publicado en *Biological Conservation*. El departamento de Cooperación Internacional del IIDT ofreció su contribución al costear los gastos de viaje que no fueron cubiertos por la Sociedad Micológica Inglesa.

EXPEDICIÓN DE COLECCIÓN

El programa de Basidiomicetos tuvo un buen comienzo. Se recopilaron sobre 1,000 colecciones de hongos en Puerto Rico durante una expedición de dos semanas llevada a cabo en junio. Acompañaron a Jean Lodge en esta expedición dos científicos de Estados Unidos y uno de Puerto Rico, Suiza, Noruega y Suecia. Un estudiante puertorriqueño de micología nos acompañó durante parte del viaje. La cantidad de especies de Hygroforaceas que se conoce habitan en Puerto Rico se duplicó como resultado de este estudio, incluyendo algunas especies nuevas para la ciencia. Una de las especies nuevas más espectaculares es un "Hygrocybe" completamente verde ("wax cap") encontrado en Toro Negro. Entre los hongos descomponedores de madera, habían muchos políporos (orejas de madera) inusuales, según lo determinó el experto mundial en políporos, el representante de Noruega. El colega de Suecia encontró varias especies no

descritas entre sus colecciones de "Corticiaceae" (hongos basidiomiceto con cuerpos planos, no porosos y fructificando sobre madera). También se descubrieron varias especies nuevas entre la familia de hongos de sombrero con esporas rosadas, el "Entolomataceae".

ENTRENAMIENTO Y EXPLORACIÓN

Se hizo un viaje preliminar a Jamaica en septiembre de 1996, con la asistencia del departamento de Cooperación Internacional del IIDT, para poder entrenar a nuestra colaboradora jamaicana, la Sra. Tracey Commock. Varios de los lugares de estudio en la región de Cockpit fueron explorados en compañía de un grupo de botánicos en preparación para una expedición que se llevará a cabo en 1999. Jamaica muy bien puede ser el eslabón perdido en cuanto a nuestro entendimiento sobre los hongos de las Antillas Mayores. Es aparente que algunas de las especies poco conocidas y olvidadas que Murrill describió hace más de 90 años son equivalentes a nuestras colecciones de Puerto Rico y St. John, en las Islas Vírgenes Norteamericanas. Algunas de las especies de Murrill se conocían solo por medio de una colección en Jamaica. Las que no fueron olvidadas, fueron equivocadamente catalogadas con otras especies. Falta mucho trabajo por hacer para poder clasificar correctamente las diferentes especies caribeñas que han sido identificadas erróneamente.

ENFERMEDAD DE RAÍZ DE CAOBA Y EMPALME (BUTT)

El Dr. Frank Wadsworth encontró que un hongo de "shelf" blando con dientes largos podría estar relacionado con la mortalidad de árboles de caoba en una plantación localizada en el Campamento de los Niños Escuchas en Guajataca. Otras muestras fueron encontradas

por Jean Lodge, Antonio Ortiz y Leif Ryvarden en El Verde y en asociación con la caoba y *Buchevaria capitata*. El *Beenakia informis* es un hongo muy inusual. La asociación de este hongo y su característico micelio amarillo con clamydosporas espinosos (cuerpos vegetativos reproductivos), los cuales se encontraban en el frente de la enfermedad en el "cambium" moribundo de las raíces grandes y la parte inferior de los troncos, hizo que Lodge y Ortiz llevaran a cabo un experimento de inoculación con el hongo en los árboles de caoba saludables en el Campamento Guajataca. Aunque el hongo se recuperó una sola vez de las raíces inoculadas, creemos que el mismo juega un papel muy importante en la muerte de los árboles luego de sufrir algún tipo de tensión.

Los centros de infección parecen comenzar en árboles muy viejos, pero el hongo ha sido descubierto atacando árboles tan pequeños como 8 cm de diámetro, posiblemente a través de los injertos de las raíces. Hasta ese momento, la única especie de árbol afectada eran caobas: *Guarea guidonia*, *B. capitata* y *Andira inermis*. Esto sugiere que la propagación de la enfermedad en futuras plantaciones de caoba puede limitarse si se deja más espacio entre las líneas. Ortiz encontró un hongo, *Trichoderma* sp., que era muy antagónico al hongo *Beenakia* en cultivo; el *Trichoderma* puede ser muy útil como agente de control biológico si se aplica a los tocones cortados luego de operaciones de aclareo.

UN EXPERIMENTO DE TRANSPLANTE DE BROMELIAS: EFECTOS DE LA VARIACIÓN DE LOS SUBSTRATOS Y EL MICRO-CLIMA SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO DE LA BROMELIA *Guzmania berteroniana* EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO, PUERTO RICO

Jennifer Pett-Ridge, Whendee Silver, y Thomas Siccama

(Co-auspiciado por el Programa de Investigación de Áreas Naturales del Servicio Forestal Federal, el IIDT y la Fundación A.W. Mellon)

Los epifitos juegan un papel funcional único dentro de los ecosistemas, ya que capturan nutrientes y agua directamente de la atmósfera, ofreciendo así una interfase directa entre la atmósfera y la biósfera terrestre. En teoría, los epifitos deben ser independientes de los recursos del suelo y adaptarse exitosamente a nuevos sustratos y micro-climas, siempre y cuando hayan recursos atmosféricos disponibles. Probamos esta hipótesis mediante un experimento de transplante recíproco, utilizando la bromelia epifítica, *Guzmania berteroniana* (R y S) Mez en el bosque de palma del Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. Se aplicaron tratamientos de transplante y control a 100 plantas, y se midió el crecimiento y la supervivencia bisemanalmente durante 6 meses.

Los individuos transplantados solo experimentaron un 4 por ciento de mortalidad. De todos los individuos, el 13 por ciento echó retoños juveniles nuevos, y un promedio de 181 cm de raíces nuevas, aunque la mayoría de los tratamientos tuvieron una pérdida neta de

diámetro (promedio = 8.6 por ciento). Las Bromelias transplantadas a lo largo de las orillas de las carreteras experimentaron mayor pérdida en el área de las hojas (promedio = 16.4 cm, $P < .05$), pero mayor crecimiento de raíz (promedio = 174 cm), aunque estos datos no son estadísticamente relevantes. Por lo general, las plantas transplantadas a los tallos de los árboles crecieron bastante más que aquellas que fueron transplantadas al suelo del bosque ($P < 0.01$). Las bromelias transplantadas al suelo del bosque, simulando los efectos de derribo del huracán, aumentaron significativamente las concentraciones totales de C y N en el suelo debajo de ellas. Las concentraciones intercambiables de P eran significativamente más altas en las bromelias de control con relación al suelo circundante, mientras que las bromelias transplantadas no alcanzaron niveles similares hasta después de 6 meses. Los resultados sugieren que las bromelias en los bosques tropicales montanos son capaces de obtener los recursos que necesitan para sobrevivir, independientemente de los sustratos y el micro-clima.

LA RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN ARBÓREAS Y LA BIODIVERSIDAD CON LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EN EL BOSQUE TROPICAL HÚMEDO RESTAURADO

Lara M. Kueppers, W.L. Silver, A.E. Lugo, y H.A. Mooney
Ecólogo de Ecosistemas, Ecólogo

Examinamos los efectos de la riqueza de especies en los árboles y la composición de especies sobre los índices de ciclaje de nutrientes en un bosque tropical húmedo restaurado en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL). Los nutrientes del suelo y del bosque, la densidad bruta y el contenido de carbono del suelo fueron medidos en 25 terrenos de 0.04-ha a lo largo de un gradiente de diversidad que comprendía de 4 a 16 especies, con similaridad en sus declives, aspecto, densidad de árboles y área basal total. Dentro de un subconjunto de 15 solares a lo largo del mismo gradiente de diversidad, estimamos la tasa potencial de mineralización y nitrificación de nitrógeno. Además, estimamos la retranslocación de fósforo por *Tabebuia heterophylla*, un árbol de dosel dominante, en nueve solares. Utilizamos el análisis de regresión lineal para examinar la relación entre la riqueza de especies, la composición de especies y algunas variables estructurales, así como los acervos de nutrientes, flujos de nitrógeno y estimados de retranslocación.

Los resultados no señalaron ninguna correlación entre la riqueza de especies con la la mayoría de nuestros índices de ciclación de

nutrientes. No obstante, la abundancia de ciertas especies, géneros y especies de árboles exóticos, estaba significativamente correlacionado a los acervos de nutrientes y las transformaciones. El área basal del árbol nativo *Calophyllum antillanum* estaba inversamente correlacionada tanto con los acervos de fósforo (fig. 1) del suelo de la superficie (0-10 cm), como las del suelo de la sub-superficie (10-35 cm). La proporción C:N de material del piso del bosque aumentó significativamente en el área basal de especies exóticas ($p < .01$, $r^2 = .52$). Las tasas de posible mineralización de nitrógeno estaban inversamente correlacionadas con el área basal de la especie *Inga*. Se cree que estos árboles son fijadores de nitrógeno ($p < 0.001$, $r^2 = 0.93$).

La retranslocación de fósforo por *T. heterophylla* muestra una relación no lineal con la riqueza de especies. Utilizando una ANOVA post-hoc, encontramos diferencias significativas entre terrenos con diversidad baja, intermedia y alta. Los de diversidad intermedia tenían tasas de retranslocación más altas (7 a 11 spp.) que los de pobre diversidad (4 a 6 spp.) o los de alta diversidad (12 a 16 spp.). (Ver figura, versión inglés).

1995-96
Annual Letter
PUBLICATIONS
International Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
PO Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

001	016	031	046	061	076	091	106	121	136	151	166	181	196
002	017	032	047	062	077	092	107	122	137	152	167	182	197
003	018	033	048	063	078	093	108	123	138	153	168	183	198
004	019	034	049	064	079	094	109	124	139	154	169	184	199
005	020	035	050	065	080	095	110	125	140	155	170	185	200
006	021	036	051	066	081	096	111	126	141	156	171	186	201
007	022	037	052	067	082	097	112	127	142	157	172	187	202
008	023	038	053	068	083	098	113	128	143	158	173	188	203
009	024	039	054	069	084	099	114	129	144	159	174	189	204
010	025	040	055	070	085	100	115	130	145	160	175	190	
011	026	041	056	071	086	101	116	131	146	161	176	191	
012	027	042	057	072	087	102	117	132	147	162	177	192	
013	028	043	058	073	088	103	118	133	148	163	178	193	
014	029	044	059	074	089	104	119	134	149	164	179	194	
015	030	045	060	075	090	105	120	135	150	165	180	195	

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATED BOTH YOUR CURRENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requieren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DE SER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCIÓN, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCIÓN ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACED ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCIÓN PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCIÓN Y CIRCULE "NEW".

New or Current Address

Previous Address
